

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Návrh osobního expresního vozu

Express Coach Design

Student:

Bc. Miroslav Štefek

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

Ostrava 2018

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Miroslav Štefek

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace:

20 Výrobní stroje a zařízení

Téma:

Návrh osobního expresního vozu
Express Coach Design

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Proveďte návrh osobního expresního vozu pro středně dlouhé a dlouhé trasy s rychlostí 200-230 km/h. Vůz bude mít kapacitu minimálně 70 míst k sezení, místo pro invalidní vozík, dvě WC a kapacitu provozních hmot minimálně pro dvoudenní provozní interval. Denní nasazení vozu v provozu bude minimálně 18 hodin. Vůz bude plně respektovat současnou legislativu platnou pro kolejová vozidla (TSI). V práci budou koncepčně řešeny všechny uzly vozu (brzda, klimatizace, skladba interiéru), včetně jejich prostorového uspořádání. Součástí práce bude typový výkres v několika variantách interiéru.

Seznam doporučené odborné literatury:

KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části pohonu strojů*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1860-3

DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů. Návrh. Výpočet. Konstrukce*. Montanex a.s. Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3

MORAVEC, V., HAVLÍK, J.: *Výpočet a konstrukce strojních dílů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0878-1

NĚMČEK, M.: *Řešené příklady ČaMS Spoje*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V práci jsem použil interní údaje o technických parametrech vozidla získaných od firmy Škoda Vagonka a.s., firma s jejich zveřejněním souhlasí.

V Ostravě dne 21. května 2018

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Steph M.', is written over a horizontal dotted line.

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. května 2018



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Miroslav Štefek

Adresa trvalého pobytu autora práce: Nádražní 18, Želechovice nad Dřevnicí, 763 11

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

ŠTEFEK, M. *Návrh osobního expresního vozu: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2018, 72 s. Vedoucí práce: KUBÍN, T.

Diplomová práce se zabývá návrhem expresního vozu. Zadání práce pochází z firmy Škoda Vagonka a.s. . V práci jsou řešeny základní výpočty vozu, konstrukce skříně a design vozu. 3D modely jsou zhotoveny v programu Autodesk Inventor 2017 a Rhinoceros 5.0. Výstupem práce je konstrukční řešení skříně vozu, návrh vozu z pohledu designu a výpočetní simulace MKP u vybraných částí. Také jsou vypracovány výkresy, které jsou přiloženy k diplomové práci.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

ŠTEFEK, M. *Express Coach Design: Master Thesis*. Ostrava: VŠB –Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2018, 72 p. Thesis head: KUBÍN, T.

This master thesis is about express coach design. Assignment is from Škoda Vagonka a.s. company. In this master thesis are solved basic vehicle calculations and made construction of vehicle body and final interior and exterior design. 3D models were made in Autodesk Inventor 2017 and Rhinoceros 5.0 softwares. An outputs of this master thesis are constructional solutions of vehicle body, vehicle design and FEM simulations in selected parts. Technical drawings were made too and they are enclosed into this master thesis.

Obsah

Úvod	10
1 Aktuální stav na železnicích	11
2 Stanovení cílů práce	12
3 Návrh vozové skříně	13
3.1 Uspořádání vozu	13
3.2 Konstrukce a tvar skříně	16
3.3 Výpočet obrysů dle TSI	18
3.4 Návrh hliníkových profilů a jejich sestavení	21
3.5 Sestava skříně a spodek vozu	24
3.6 Detaily vozové skříně a další úpravy	26
4 Návrh klimatizačního okruhu	28
4.1 Obecné pojednání o klimatizačním okruhu	28
4.2 Uložení klimatizačního agregátu	29
4.3 Rozvod vzduchu do vozu	30
5 Návrh sociálního zařízení	33
5.1 Obecné pojednání o sociálních zařízeních	33
5.2 Výpočty nádrží na vodu a odpad	34
5.3 Návrh uložení vodojemu	35
5.4 Výpočet sil působících na uložení vodojemu	37
5.5 Návrh odpadních nádrží	44
6 Návrh interiéru vozu	46
6.1 Uchycení polic	46
6.2 Uložení podlahy	50
6.3 Uložení vozových příček	51
6.4 Sedadla	51
6.5 Bezbariérový přístup	54
6.6 Ostatní	57
7 Návrh exteriéru vozu	59
7.1 Podvozky	59
7.2 Brzdový systém vozu	61
7.3 Mezivozový přechod a spojovací zařízení	62
7.4 Vnější dveře a nástupní prostor	65

8 Závěr.....	68
9 Citace.....	71

Seznam zkratk a symbolů

Symbol	Rozměr	Název / Veličina
E_a	[m]	Redukce vrchní části obrysu
E_i	[m]	Redukce vrchní části obrysu
F_u	[N]	Síla působící na uložení police
V_{cista}	[l]	Objem nádrže na čistou vodu
V_{odpad}	[l]	Objem nádrže na odpadní vodu
V_{voda1}	[l]	Množství přivedené čisté vody na jedno použití WC
V_{voda2}	[l]	Množství odvedené odpadní vody na jedno použití WC
a	[m]	Vzdálenost mezi otočnými čepy
b	[m]	Pološířka vozu
d	[m]	Vnější vzdálenost okolků měřená 10 mm pod jízdní plochou
e_a	[m]	Redukce spodní části obrysu
e_i	[m]	Redukce spodní části obrysu
g	[m.s-2]	Gravitační zrychlení
h	[m]	Výška počítaného prvku nad TK
h_c	[m]	Výška středu kývání příčného průřezu nad vztažnou plochou
m_n	[kg]	Zatížení police náhodnou dodatečnou silou
m_p	[kg]	Zatížení police dle TSI
m_v	[kg]	Výsledné zatížení police s náhodnou dodatečnou silou
m_z	[kg]	Zatížení police bez náhodné dodatečné síly
n	[m]	Vzdálenost mezi příslušnou sekcí a nejbližším otočným čepem
n_p	[-]	Počet využití WC na jedno sedadlo vozu
n_{sed}	[-]	Počet sedadel vozu
p	[m]	Rozvor kol
q	[m]	Boční vůle mezi pevnou nápravou a rámem podvozku
s	[-]	Koeficient pružnosti vozidla
t_{pr}	[h]	Hodinové nasazení vozu
w	[m]	Boční vůle mezi podvozkem a skříní
w_{∞}	[m]	Boční vůle mezi podvozkem a skříní na roovné trati
$w_{i(150)}$	[m]	Boční vůle mezi podvozkem a skříní ve vnitřní části oblouku
$w_{i(250)}$	[m]	Boční vůle mezi podvozkem a skříní ve vnitřní části oblouku
$w_{a(150)}$	[m]	Boční vůle mezi podvozkem a skříní ve vnější části oblouku
$w_{a(250)}$	[m]	Boční vůle mezi podvozkem a skříní ve vnější části oblouku

x_a	[-]	Korekční součinitel
x_i	[-]	Korekční součinitel
z	[m]	Kvazi-statické pohyby
<hr/>		
η_0	[°]	Asymetrie vozu
ξ	[m]	Odolnost vozidla (fixní nebo vypočítaný pojem)
<hr/>		

Zkratka	Význam
DAKO	Výrobce brzdových systémů pro kolejová vozidla
G1	Označení obrysu dle TSI
MKP	Metoda konečných prvků
PMg	Magnetická kolejová brzda vozidla
TK	Temeno kolejnice
TSI	Technická specifikace interoperability
UIC	Mezinárodní železniční unie
WLAB	Typové označení osobního vozu

Úvod

V České republice nás železnice obklopuje již od 20. let 19. století. V té době vznikaly první koněspřežné dráhy, které však byly postupem času nahrazeny parním strojem. Ten v roce 1765 dotáhl k dokonalosti James Watt. Plné využití parního stroje na sebe nenechalo dlouho čekat a jeho výhod využili i konstruktéři nově se rozvíjejícího odvětví - železnice. Za prvního nejvýznamnějšího konstruktéra parních lokomotiv se považuje George Stephenson, jenž v roce 1829 se svou lokomotivou zvanou "Rocket" zvítězil v soutěži na trati Liverpool - Manchester. Tato lokomotiva dosahovala rychlosti až 32,5 km/h.

Jak plynul čas, železnice se dále rozvíjela. Přes vylepšené a modernější parní lokomotivy, které byly v polovině 20. století nahrazeny lokomotivami dieselovými a elektrickými. To vše s sebou neslo zvýšení cestovních rychlostí, komfortu cestování a v neposlední řadě i bezpečnosti. Všechny tyto atributy jsou spojeny s požadavky dnešní doby, kdy se cestující potřebují cestovat v co nejkratším čase v příjemném prostředí a s pocitem bezpečí.

Tato diplomová práce vznikala ve spolupráci s českým výrobcem kolejové techniky Škoda Vagonka a.s. Ta se aktivně podílí na vývoji a distribuci kolejových vozidel a jednotek, ať už do České republiky nebo do zahraničí.

Představou je možnost navýšení maximální rychlosti na českých koridorech a tím snížení přepravních časů. S tím je spojena i odlišná konstrukce osobních vozů, které musí splňovat požadavky. Ty budou rozebrány dále v diplomové práci.

Téma návrhu expresního vozu jsem si vybral, protože jednou z mých zálib je i železnice a vždy jsem toužil po možnosti podílet se na návrhu skutečných strojů. To se splnilo díky tomuto zadání a výsledkem více než roční práce by měl být návrh osobního vozu, který splňuje zadání a dnešní legislativu.

1 Aktuální stav na železnicích

Česká železnice patří mezi rozvinuté, ať již z pohledu tratí, tak co se vozového parku týče. Obsluhu tratí zajišťuje elektrický a dieselový provoz. Druh provozu pro danou lokalitu se odvíjí od typu tratě, který se zde nachází. Tratě nejvyšší třídy - koridory, jsou plně elektrifikovány a uzpůsobeny na maximální rychlost 160 km/h. Na rozdíl od tratí regionálních, kde jsou rychlosti nižší a provoz většinou obstarávají dieselové lokomotivy či jednotky. V dnešní době probíhá rozšiřování a další modernizace tratí v ČR, aby bylo možno efektivně využívat vozový park, jenž mnohdy svou kvalitou převyšuje své reálné využití. Jedná se hlavně o maximální rychlost, která je omezena samotnou tratí, kde je vozidlo nasazeno.

Cílem do budoucna by tedy mělo být navýšení maximálních dovolených rychlostí na našich tratích a tím plně využít možností vozového parku. Spolu s tím rovněž spojené zlepšení komfortu a snížení doby cestování.

Z pohledu vozového parku pro přepravu cestujících lze vozidla rozdělit mezi osobní vozy a ucelené jednotky. Ucelené jednotky jsou složeny z X vozů, které se nedají rozpojit. Nejnovější jednotky, které lze na našich tratích nalézt, jsou jednotky řady 440 / 660 (Regio Panter / Inter Panter) od firmy Škoda Transportation, RailJet od Siemens či rychlovlak řady 680 (Pendolino).

Osobní vozy, ty mají univerzální využití. Lze je spojovat do požadovaných souprav dle potřeby bez ohledu na to, zda je trať elektrifikovaná nebo ne. Osobní vozy lze rozdělit do několika skupin a to podle uspořádání interiéru. Hlavními zástupci jsou:

- osobní vozy velkoprostorové,
- osobní vozy s kupé,
- osobní vozy kombinované.

Každá skupina má své výhody a nevýhody. Velkoprostorové pojmu více cestujících - mají i více míst k sezení. Kupé jsou zase v oblibě, díky většímu soukromí při cestování. Dále v práci budou navrženy obě varianty a následně bude provedeno jejich srovnání z pohledu zadání diplomové práce.

2 Stanovení cílů práce

Tato diplomová práce byla vypracována dle zadání ze společnosti Škoda Vagonka a.s., která je jedním z předních výrobců kolejové techniky v České republice.

Cílem diplomové práce je provést návrh osobního expresního vozu pro středně dlouhé a dlouhé trasy. Vůz bude navržen tak, aby splňoval požadavky pro maximální dovolenou rychlost 200 - 230 km/h.

Konstrukce vozu bude provedena z hliníkových profilů. Minimální počet míst k sezení je 70. Vůz bude obsahovat místo pro invalidní vozík a dvě WC. Kapacita provozních hmot musí vystačit minimálně pro dvoudenní provozní interval. Denní nasazení vozu bude minimálně 18 hodin.

Vůz bude plně respektovat současnou legislativu platnou pro kolejová vozidla (TSI). V práci budou koncepčně řešeny uzly vozu - brzda, klimatizace, skladba interiéru včetně jejich prostorového uspořádání.

Výstupem práce je model konstrukční části DP (skříň vozu) v 3D software Autodesk Inventor 2016. Dále 3D vizualizace celého vozu v grafickém 3D software Rhinoceros 5.0 a v neposlední řadě typový výkres vozu a výkres skříně vozu. U vybraných částí budou provedeny patřičné výpočty, jenž budou prezentovány v hlavní části DP, v případě většího objemu výpočtů v příloze.

3 Návrh vozové skříně

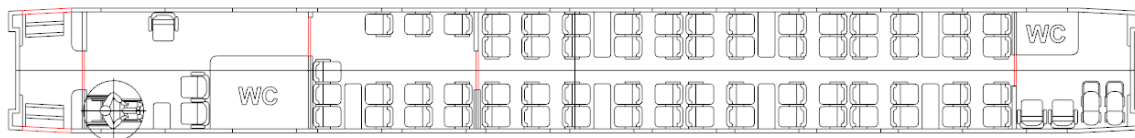
Skříň tvoří největší konstrukční celek. Udává hlavní rozměry budoucího osobního vozu a taktéž její design ovlivňuje celkový výsledný dojem.

3.1 Uspořádání vozu

Práce byla započata prvotním konceptem vozu. Jednalo se o hrubé náčrty tvaru, rozměrů a vnitřního uspořádání interiéru. Spolu s tím bylo nutno začít aktivně studovat legislativu a normy TSI, aby byly zjištěny možnosti, které poskytují. Jednalo se o hlavní rozměry, které byly potřebné k tomu, aby se mohl samotný prvotní návrh uskutečnit (délka, výška podlahy, šířka skříně, výšky skříně apod.).

Jakmile byly známy hodnoty, s jakými lze počítat, přišla řada na samotné grafické řešení návrhů. To bylo vytvořeno v programu Rhinoceros, kde bylo hlavním cílem najít ideální řešení, jak bude osobní vůz vypadat. Ať už z pohledu interiéru (uspořádání sedadel, WC,..) tak z pohledu exteriéru (umístění oken, dveří, ...).

Verze 1



Obr. 1 - Uspořádání vozu - verze 1

Na obr. 1 je vidět první verze vozu. Jsou zde dvojce vstupní dveře na levé straně vozu. Oddíl pro vozíčkáře se nachází hned vedle dveří spolu s velkým WC, které má bezbariérový přístup. Při postupu dále do vozu mineme druhý menší oddíl s dvanácti sedadly, jenž může posloužit jako oddíl pro matky s dětmi. Následuje hlavní oddíl a na konci vozu malé WC a prostor pro rozměrné příruční věci.

Výhody:

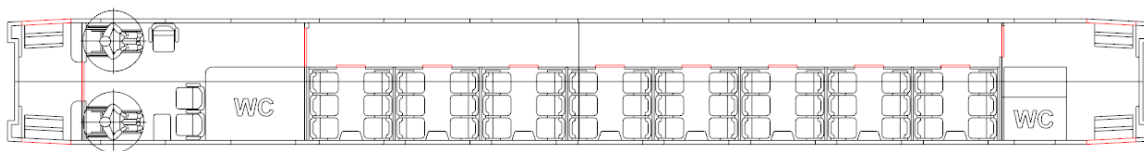
- 70 sedadel.

Nevýhody:

- vstupní dveře se musí otvírat skrze plošiny pro vozíčkáře směrem od středu vozu - možná kolize se dveřmi sousedního vozu,

- pouze dvoje vstupní dveře,
- úložný prostor v pravé části vozu nelze plně využít, díky absenci druhého páru vstupních dveří.

Verze 2



Obr. 2 - Uspořádání vozu - verze 2

Na obr. 2 je druhá verze vozu. Jedná se o uspořádání s řadou kupé. V každém z osmi kupé se nachází 6 sedadel. Za řadou kupé je možno vidět malé a velké WC. U velkého WC pak oddíl pro vozíčkáře, jenž se nachází opět hned vedle vstupních dveří, vybavených plošinou. U tohoto konceptu jsou již dva páry vstupních dveří na každé straně vozu.

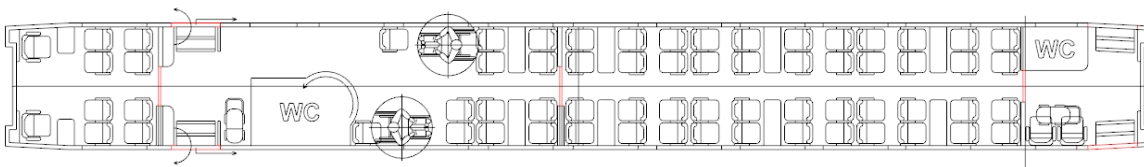
Výhody:

- dva páry vstupních dveří,
- hodně lidí preferuje jízdu v kupé.

Nevýhody:

- pouze 53 míst,
- vstupní dveře se musí otvírat skrze plošiny pro vozíčkáře směrem od středu vozu - možná kolize se dveřmi sousedního vozu.

Verze 3



Obr. 3 - Uspořádání vozu - verze 3

Na obrázku verze 3 je vidět přechod zpět na velkoprostorový oddíl, jako v případě verze 1. Hlavní rozdíl je však ve vstupních dveřích, které jsou:

- a) již ve dvou párech,
- b) dveře v levé části jsou posunuty více ke středu a eliminují tak možnost kolize s dveřmi vedlejšího vozu.

Posunutím vstupních dveří vzniká nový prostor v levé krajní části vozu, kde se nachází 10 sedadel. Dále ve voze se pak nachází opět oddíl pro vozíčkáře spolu s bezbariérovým WC a hlavní oddíl pro cestující spolu s malým WC na konci vozu.

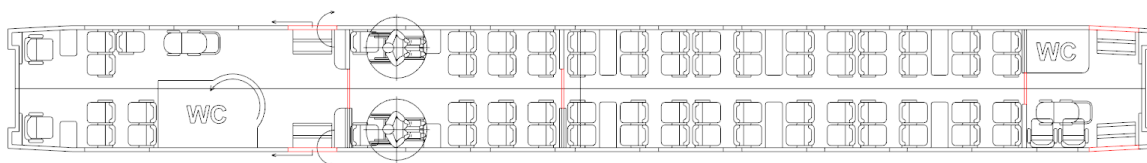
Výhody:

- dva páry vstupních dveří,
- vyřešeny problémy s otevíráním dveří.

Nevýhody:

- pouze 68 míst,
- levý pár dveří se nachází v místě podvozku. Není zde tedy možno vybudovat vstup.

Verze 4



Obr. 4 - Uspořádání vozu - verze 4

Poslední verze vypadá velmi podobně jako verze 3. Jediný rozdíl je, že jsou levé vstupní dveře posunuté více ke středu vozu. Tím již nenastává kolize s podvozkem vozu. Směrem ke středu vozu se však zmenšuje maximální možný průřez (bude vysvětleno dále). Kvůli tomu se vstupní dveře musejí otevírat směrem doleva, a to v obou případech. Díky tomu však získáváme stejné typy dveří a tím i finanční úsporu.

Výhody:

- dva páry vstupních dveří,
- vyřešeny problémy s otevíráním dveří a s kolizí podvozku.

Nevýhody:

- pouze 69 míst.

Vyhodnocení uspořádání vozu

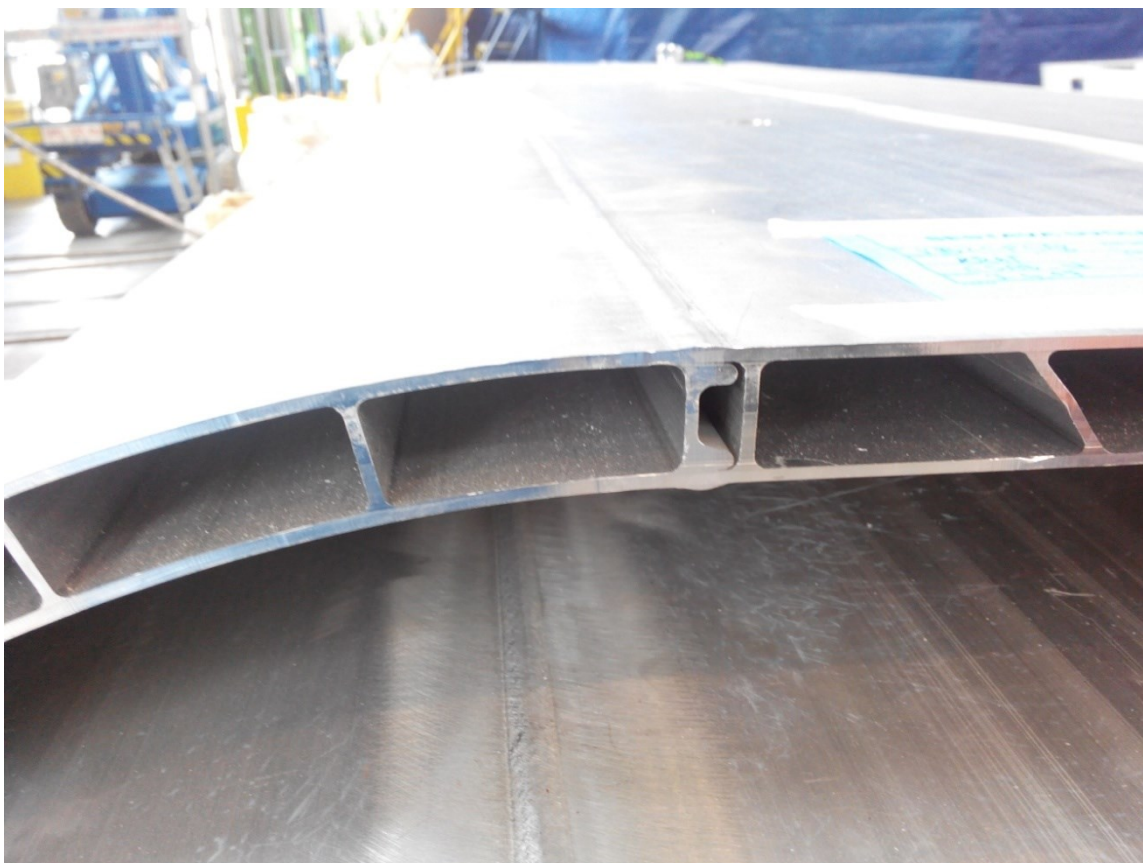
Z těchto čtyř návrhů byl vybrán pro další tvorbu návrh číslo 4. Ten řeší všechny problémy, na které byly popsány. Jediným problémem, který se zde vyskytuje, je počet míst

k sezení, jenž se zastavil na čísle 69 (a dále poklesne na 68 z důvodu nutnosti vybudování servisního boxu v nástupním prostoru). Navýšení počtu míst by teoreticky šlo realizovat. Bylo by to však na úkor komfortu cestujících. Dle mého názoru je komfort na prvním místě a i po konzultaci s mým konzultantem jsme dospěli k názoru, že těchto 68 míst je dostačujících. **Půdorysná zobrazení ve větším provedení lze nalézt v příloze C.**

3.2 Konstrukce a tvar skříně

Vozové skříně se v praxi vyrábí mnoha technologiemi. Asi nejpoužívanější technologií je použití ocelové konstrukce, která je potažena plechem (diferenciální vozová skříň). Tato konstrukce se hojně vyskytovala u osobních vozů, které vznikaly v éře největšího rozkvětu českého vozového parku. V dnešní době se nové vozy liší jak použitou konstrukcí, tak materiálem.

Nově vyráběné vozy a jednotky společnosti Škoda Vagonka vznikají technologií, která je založena na práci s hliníkovými profily (integrovaná vozová skříň). Hliníkové profily jsou na míru navrženy dle požadavků vozové skříně a poté vyráběny firmou ve Švýcarsku, která jako jedna z mála dokáže takové profily vyrobit. Takto vyrobené profily o délce až 26,5 m putují do ČR k následnému svaření, jehož výsledkem je vozová skříň. Skutečný pohled na dva svařené profily lze vidět na obr. 5. Je zde dobře vidět zámek, který umožní dokonalé ustavení dvou dílů k sobě pro následné upnutí do přípravku a svaření.



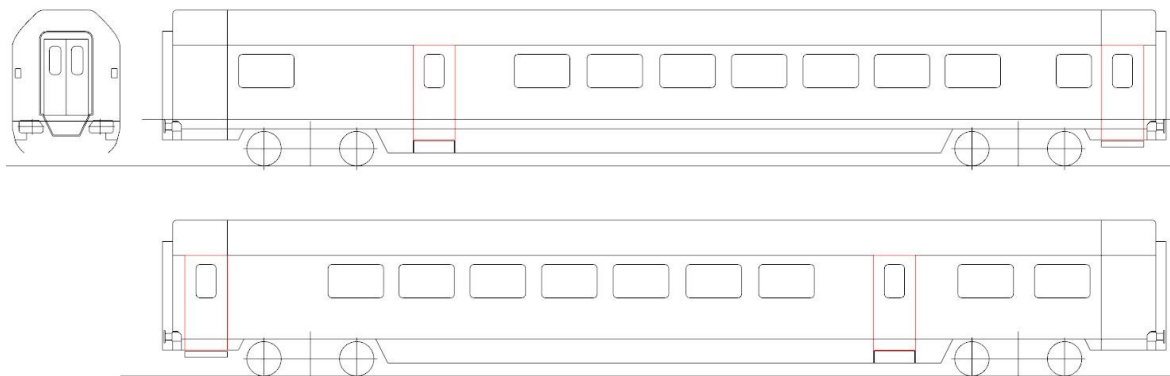
Obr. 5 - Pohled na skutečný hliníkový profil integrované vozové skříně

Konstrukce má své výhody i nevýhody. Mezi výhody lze zařadit fakt, že takto sestavená vozová skříň je při vhodné konstrukci samonosná. Největší výhodou je jednoduchá práce s profily, která se projeví při svařování vozové skříně. Dalším faktorem je hmotnost samotného hliníku, která je nižší jak u oceli. Nutno však dodat, že moderní technologie dokázaly snížit hmotnost ocelových konstrukce na srovnatelnou hmotnost. Mezi nevýhodami asi nejvíce vyčnívá fakt, že při poškození vozu je nutno nahradit všechny poškozené díly novými, jelikož na rozdíl od oceli se nedají žádným způsobem rovnat. V případě totálního poškození nezbyvá, než nahradit celou vozovou skříň.

Jak již bylo řečeno, výsledný celkový dojem udává hlavně tvar a design vozové skříně, jakožto největšího viditelného celku vozu. Design vozů se v průběhu času mění. Osobní vůz však vždy zůstane osobním vozem, a tak z pohledu tvaru nelze moc nových věcí vymyslet. Hlavním limitem pro návrh tvaru skříně jsou normované obrysy. Jedná se o rozměry, které nesmí být překročeny. Pokud by byly tyto rozměry překročeny, hrozila by při provozu kolize s jinými vozy nebo drážními prvky, které se na trati vyskytují.

Prvotní návrh tvaru vozové skříně a hlavních rozměrů lze vidět na obr. 6. Vzhledem se podobá ostatním osobním vozům nové generace, které lze dnes vidět na kolejích.

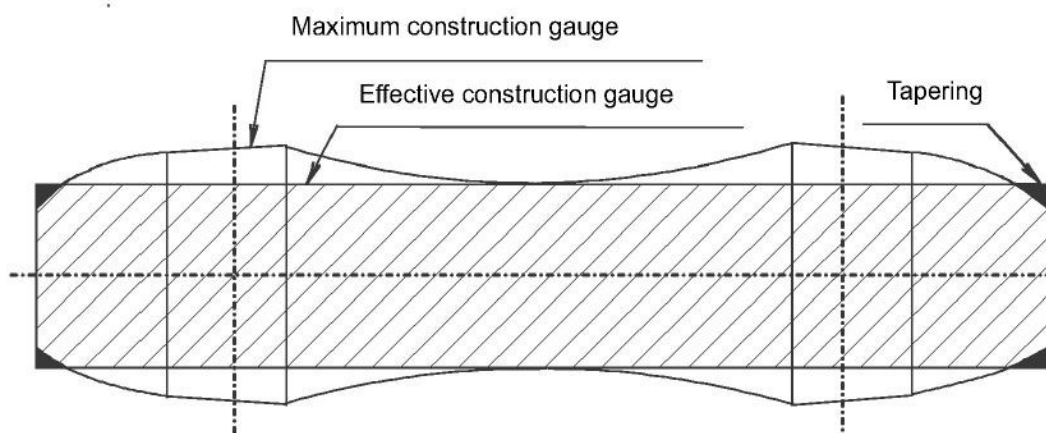
V návrhu jsou již zakomponovány poznatky z kapitoly 3.1, ve které byly stanoveny základní parametry interiéru.



Obr. 6 - Prvotní návrh tvaru vozové skříně

3.3 Výpočet obrysů dle TSI

Prvním krokem celé práce bylo vypočtení obrysů vozu. Tyto vypočtené hodnoty jsou hraniční a nelze je přesáhnout. Jinými slovy, celá konstrukce vozu se musí nacházet uvnitř tohoto vypočteného prostoru. Velikost obrysu není konstantní - mění se v závislosti na poloze v podélné ose vozu. Největší obrys se nachází v místě podvozků a zužuje se směrem do středu a ke kraji vozu. Půdorysný náčrt lze vidět na obr. 7.



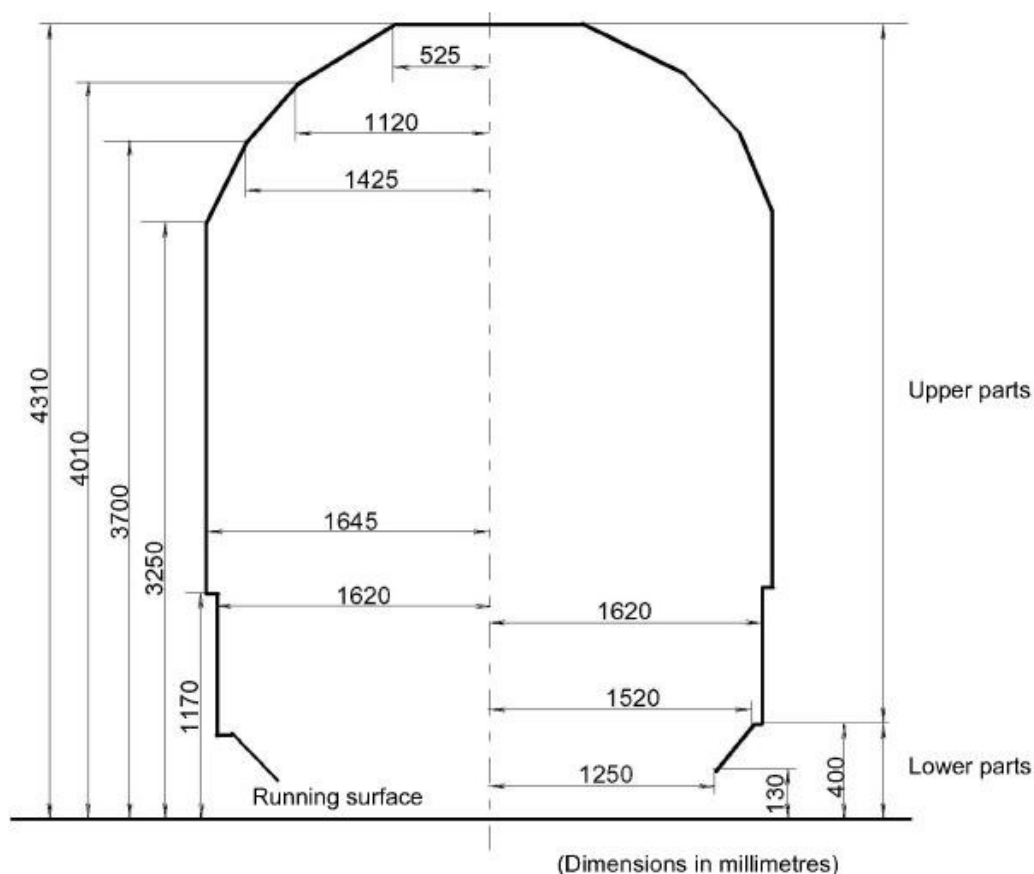
Obr. 7 - Půdorysné znázornění obrysu vozu ¹

Postup výpočtu je popsán v normách TSI (*Kolejová vozidla – nákladní vozy (oznámeno pod číslem K(2006) 3345) - 2006/861/ES*) ¹, kde jsou detailně rozepsány veškeré požadavky, které musí vůz splňovat. Obrysů je celá řada a liší se svým tvarem. Pro mou

práci byl vybrán základní obrys **G1**. Obrýsy jsou dva - statický a kinematický. Pro výpočty je brán obrys kinematický, jelikož je zde počítáno s vůlemi při pohybu vozidla po trati.

Takto definovaný základní obrys vozidla je nutno dále redukovat, čímž se dostáváme k samotnému výpočtu. Velikost redukcí je závislá na parametrech konkrétního vozu. Z hlavních rozměrů vozu se jedná o **vzdálenost mezi otočnými čepy a rozvor kol podvozku**. Další hodnoty, které se ve výpočtu objevují, jsou různé vůle mezi skříní a podvozkem a další koeficienty, které jsou dány praxí. Tyto hodnoty byly převzaty z reálných projektů, jelikož jejich stanovení není v možnostech této diplomové práce.

Výpočet probíhá tak, že je vozidlo nařezáno dle zvoleného rastru (v mém případě po délce 1 m), a pro tyto řezy jsou spočteny patřičné průřezy. Jak bylo psáno, jedná se o redukcí základního kinematického průřezu, jehož rozměry se zmenšují jak v jeho šířce, tak i jeho výšce. **Vzhledem k rozsahu jsou výpočty uvedeny v příloze A.**



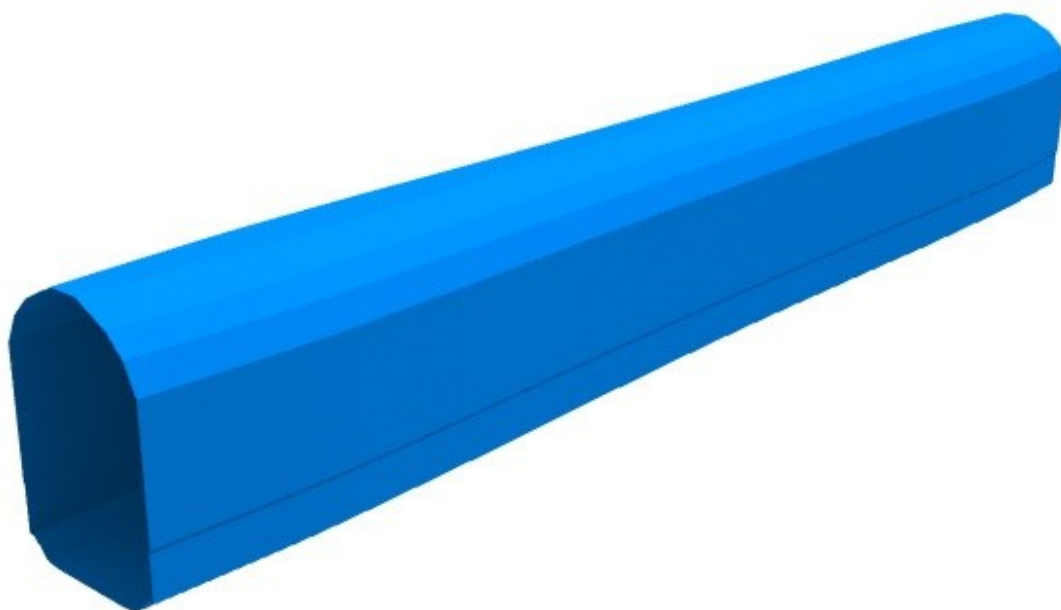
Obr. 8 - Kinematický obrys G1 ¹

Výsledkem je tedy oblast, uvnitř které je možno vůz navrhovat. Je tedy brán obrys, který je nejmenší a podle něj je zhotovena skříň vozu. Nejmenší obrys se může nacházet buď na krajích vozu nebo v jeho středu. V případě, že je vůz navržen podle středového obrysu a na koncích vozu jsou obrysy menší, je nutno konce vozů zešíkmit, jak je patrné z obrázku. V mém případě bylo vhodné mít konstrukci bez šikmého zakončení, a tak byl pro konstrukci použit **nejmenší vypočtený obrys - na konci vozu (obr. 11)**.

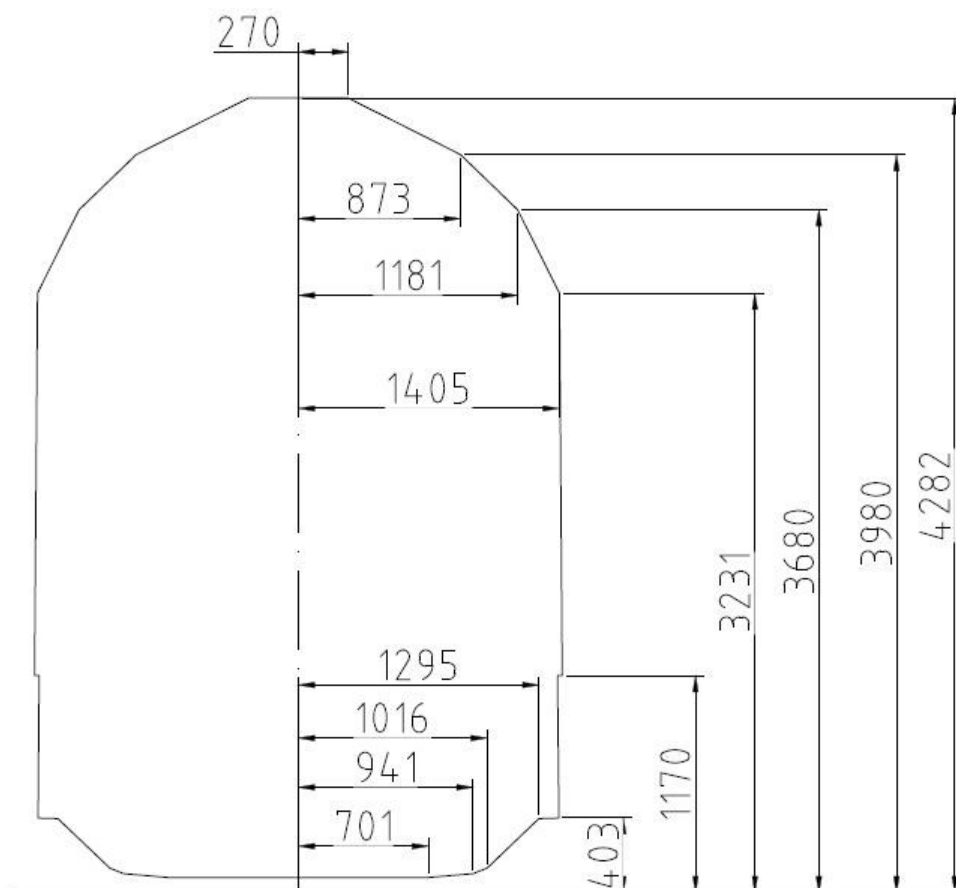
Všechny řezy - obrysy lze ve výsledku spojit do plochy, která vykreslí přesný tvar v každé vzdálenosti od začátku po konec vozu. Na obr. 9 je zobrazen půdorys této plochy. Při porovnání s obr. 7 je zde vidět již zmíněné prohnutí ve střední části a zúžení na koncích. 3D pohled na tuto plochu pak zachycuje obr. 10.



Obr. 9 - Půdorys vypočteného obrysu



Obr. 10 - 3D zobrazení vypočteného obrysu

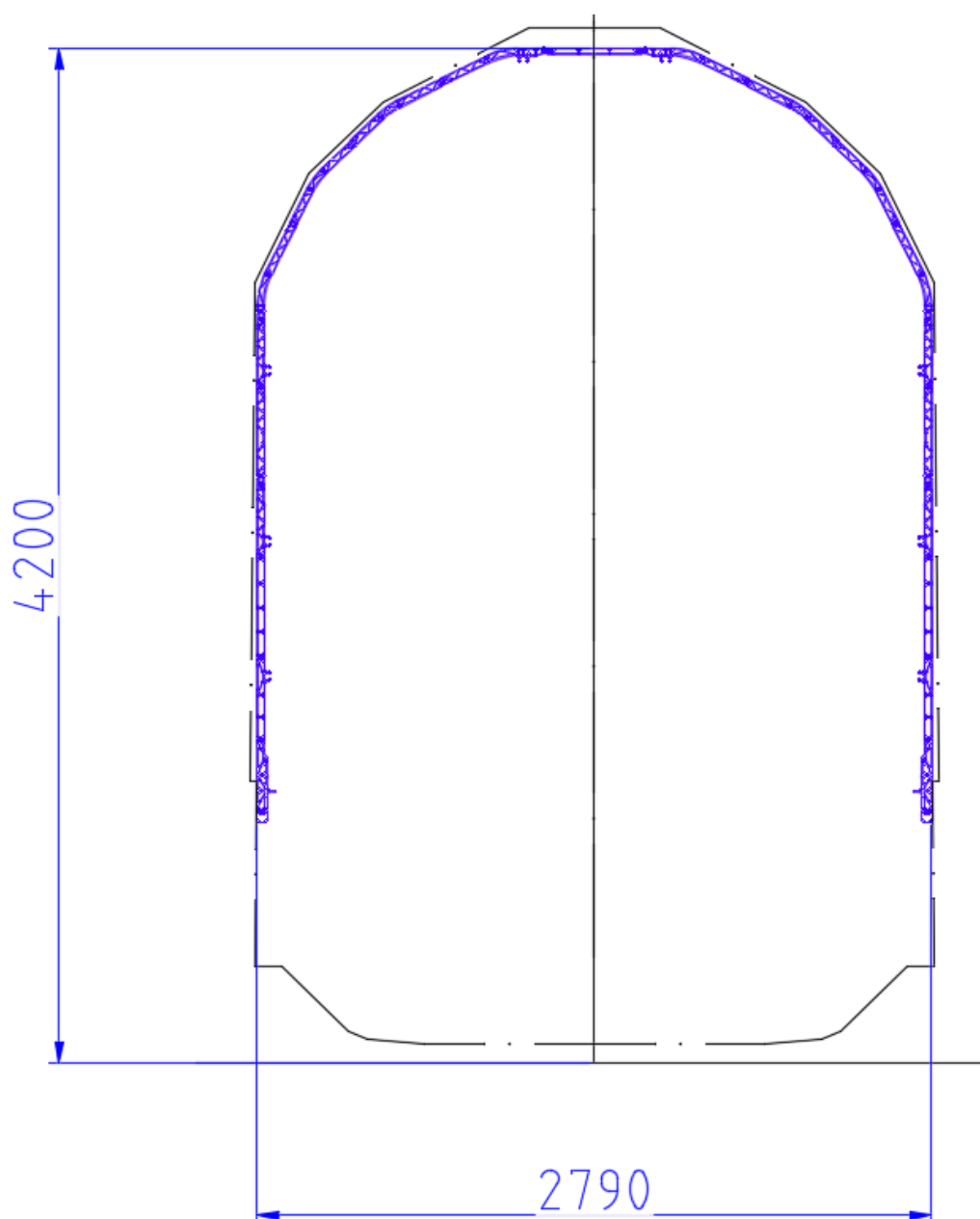


Obr. 11 - Nejmenší obrys použitý pro další konstrukci

3.4 Návrh hliníkových profilů a jejich sestavení

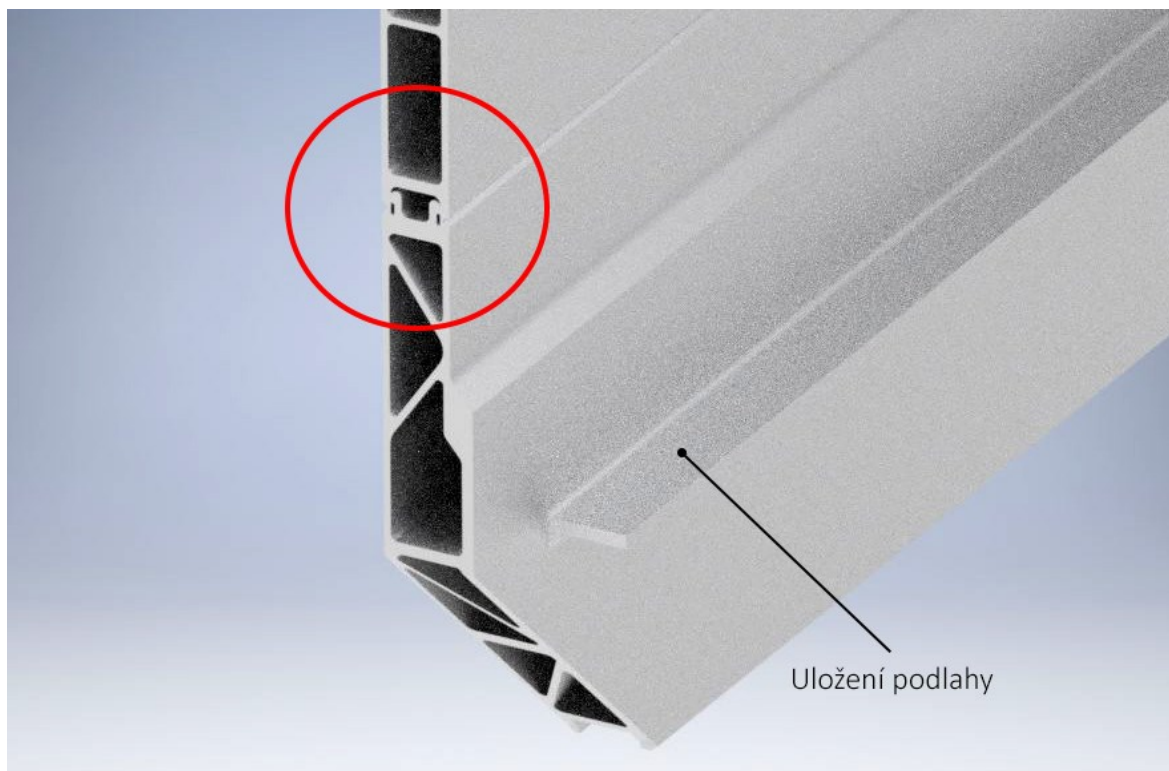
Po výpočtu obrysu bylo možno přistoupit k samotnému návrhu tvaru skříně. Z praktických důvodů je nejlepší, co nejvíce kopírovat obrys, aby uvnitř vozu bylo co nejvíce místa. Tohoto faktu bylo využito, a tak tvary skříně kopírují tvar nejmenšího vypočteného obrysu, jak lze vidět na obr. 12.

Skříň se skládá s hliníkových profilů, jak již bylo zmíněno na začátku kapitoly. Jejich délka je 26 500 mm. Výška se pohybuje dle požadavků a to od ca 250 do 400 mm. Šířka profilu je v horní části 30 mm, kde tloušťka stěny je 3 mm, a tento profil tvoří většinu skříně. Pouze v dolní části je profil rozšířen na šířku 40 mm s tloušťkou stěny 5 mm, a to z důvodu vyšší pevnosti. V těchto místech se také nachází uložení podlahy, které je součástí profilu. Profily jsou navzájem spojeny tvarovým zámkem a posléze svařeny k sobě. Detail zámků a uložení podlahy je vidět na obr. 13 .

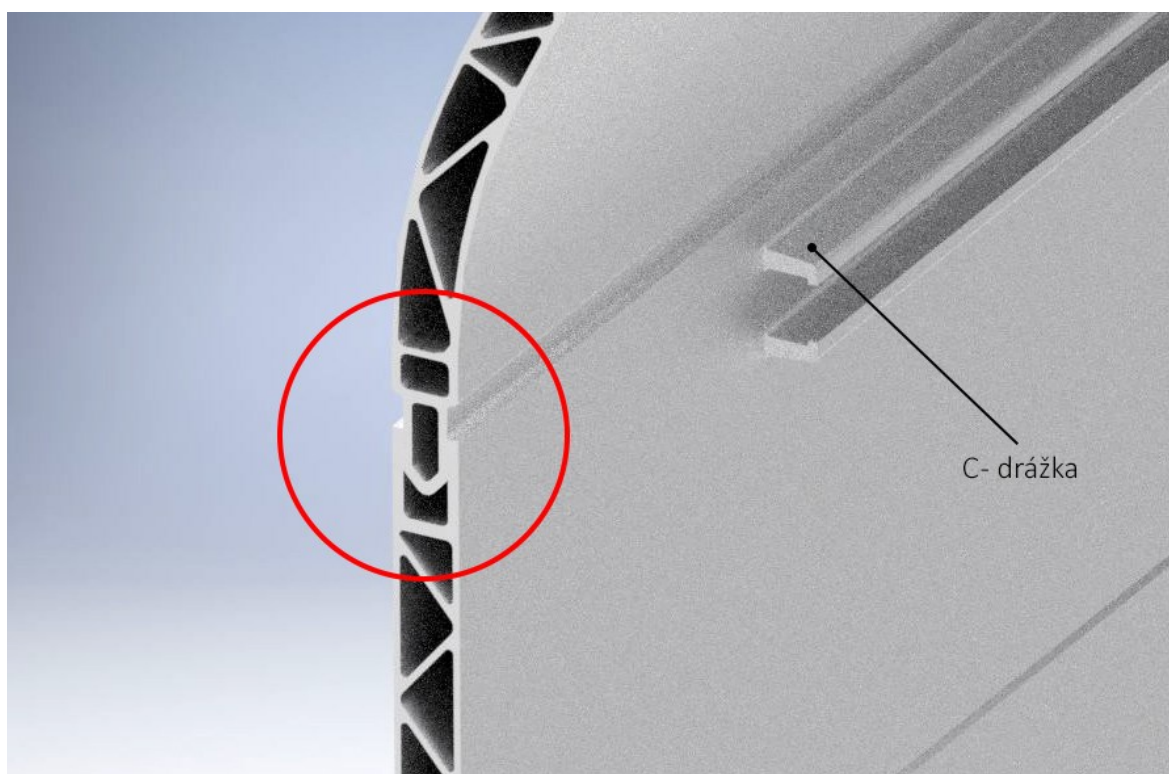


Obr. 12- Srovnání navrhnuté skříně s obrysem vozu

V horní části se nachází profily o tloušťce 30 mm. Řada z nich je vybavena tzv. C - drážkou. Jedná se o integrovaný profil, který umožňuje budoucí uchycení veškerých potřebných součástí vozu. Do C - drážky se vloží tzv. "kámen", což je součást ve tvaru kosočtverce, která má uprostřed díru se závitem. Poté, co je "kámen" umístěn na správnou pozici, je skrze C - drážku stažen šroubem s upínanou součástí, čímž dojde k vytvoření pevného spojení. Přichycení do C - drážky nalezneme ve voze skoro všude, jelikož se tohoto jednoduchého a účinného systému hojně využívá.



Obr. 13 - Pohled na spodní část skříně



Obr. 14 - Pohled na vrchní část skříně

Dalším zajímavým prvkem v horní části skříně je speciální zámek, která slouží pro spojení střechy vozu a zbytku skříně. Při výrobě vozové skříně se bočnice a střecha sestavují zvlášť a poté se kompletují dohromady. Vzhledem k nepřesnostem vzniklým při svařování je nutno zajistit dostatečný prostor pro jejich kompenzaci. Proto je zámek mezi bočnicí

a střechou navržen tak, aby bylo umožněno střechu usadit i při vzniklých nepřesnostech, čehož je dosaženo větším možným rozsahem pohybu ve svislé ose. Pohled na zámek spolu s C drážkou je vyobrazen na obr. 14.

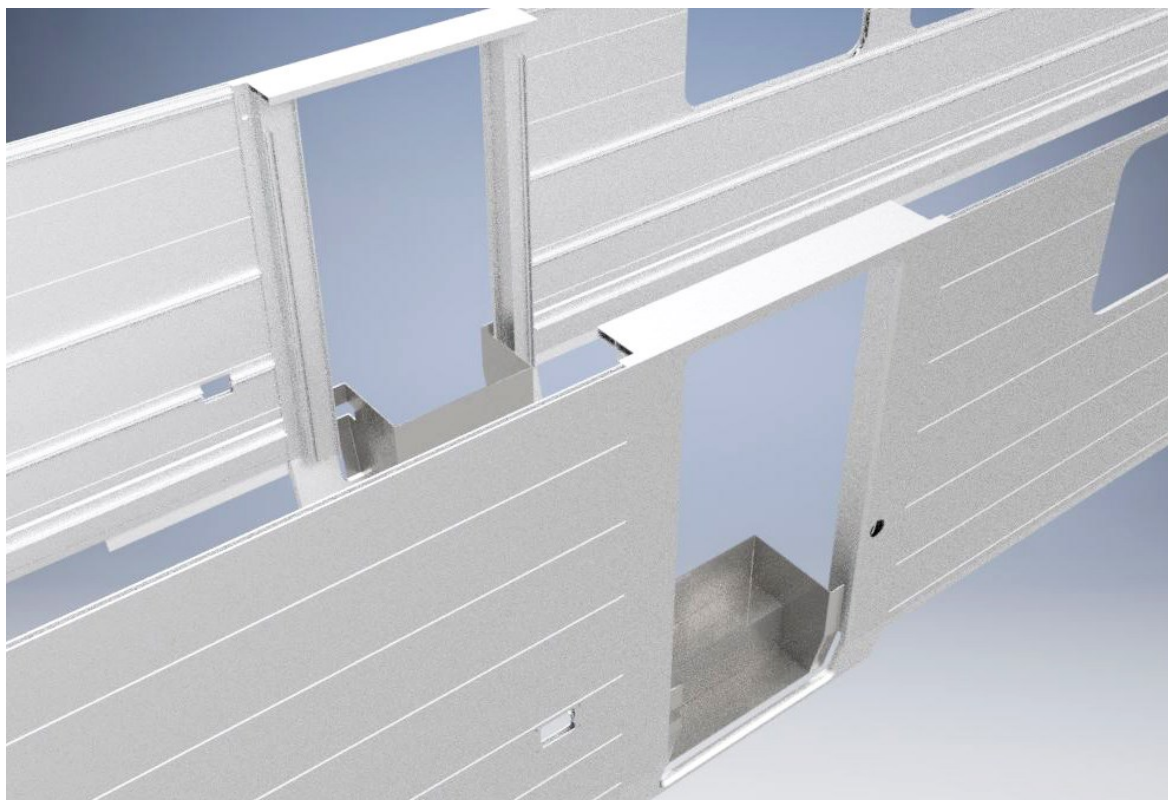
3.5 Sestava skříně a spodek vozu

Skříň vozu je složena ze čtyř hlavních částí a to:

- střecha,
- bočnice,
- čela vozu,
- spodek vozu.

O spojení bočnic a střechy vozu bylo psáno v kapitole 3.4. Zbývá jen doplnit, že po svaření konstrukce se přechází na frézování tvaru bočnic, což zahrnuje odfrézování oken a dalších otvorů pro budoucí součásti. V bočnicích jsou rovněž umístěny dveřní portály. Jedná se o masivní hliníkovou konstrukci, složenou ze čtyř dílů. Tato konstrukce nese veškeré vybavení dveří a vzhledem k nárokům na tlakotěsnost je vyžadována maximální tvarová stabilita. Jakýkoli větší průhyb by mohl vést k netěsnosti a tím snížení funkce tlakotěsných dveří. Dveřní portály vyobrazuje obr. 15.

Ze samotné skříně vozu zbývá spojení čel. Ta jsou opět vyrobena svařením 30 mm profilů, které jsou následně ofrézovány do požadovaného tvaru tak, aby přesně zapadly mezi bočnice a střechu. Poté následuje přivaření čel ke zbytku vozu. Zde se naskýtá další problém, který bylo třeba vyřešit. Z pohledu kvalitního svaření je třeba čela důkladně provařit a to z obou stran - vnější i vnitřní. To by nebylo možné za předpokladu, že by byla čela umístěna přesně na konci bočnic. Proto musela být čela posunuta o 30 mm dovnitř vozu, čímž se zajistí důkladné provaření. V čelech se také nachází přechodový portál, který je svařen z obdélníkových profilů o průřezu 350 x 150 mm. Ten slouží k uchycení budoucích mezivozových přechodů.

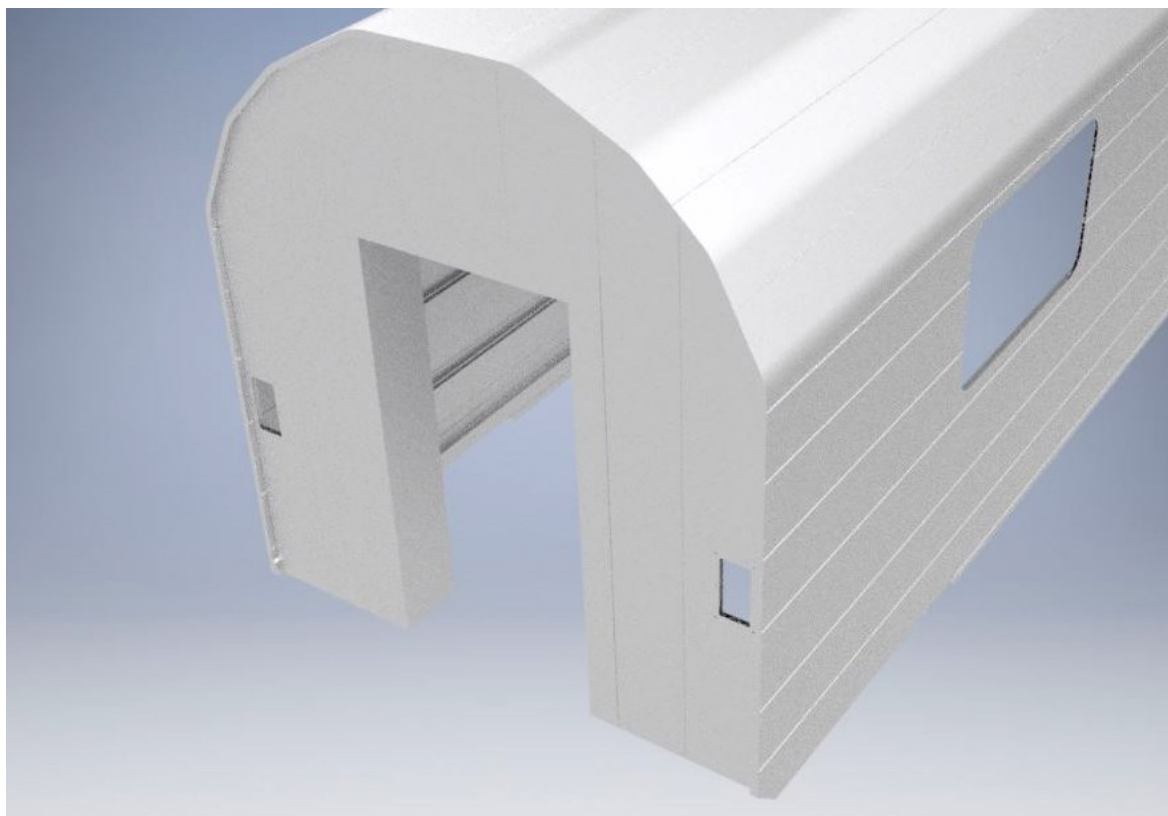


Obr. 15 - Dveřní portály

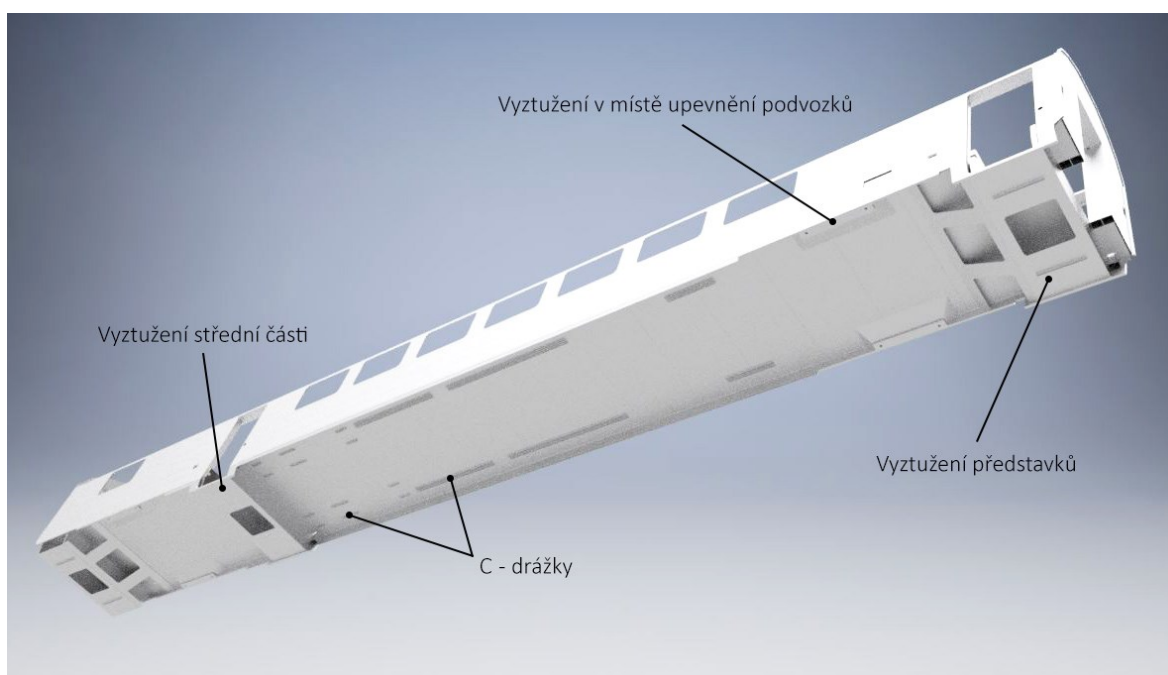
Spodek vozu je část, která zahrnuje vše, co se nachází pod vozem s výjimkou samotného pojezdu. Při pohledu na obr. 17 lze vidět spodek vozu, kde se nachází dva větší konstrukční celky. V prvním případě se jedná o vyztužení představek a nástupního prostoru ve střední části vozu. Ve druhém případě se jedná o vyztužení části v místech, kde bude připevněn podvozek.

Vyztužení představek je velmi namáhaná část vozu. Na této konstrukci se nachází uložení tažného a narážecího ústrojí vozu, proto je tato část velmi namáhána. Je složena z příčných a podélných žeber, které zespodu potaženy plechem s odlehčením v podobě otvorů. Ty slouží mimo jiné i jako přístup pro montáž tažného ústrojí. Celá konstrukce je opět z hliníku.

Spodek vozu je také vybaven C - drážkami, do kterých přijde upevnit vybavení spodku vozu, jako je brzdový kontejner, baterie, centrální zdroj energie atp. C - drážky je vhodné ve spodku vozu navařit a to z důvodu větší bezpečnosti svaru před nýtovaným spojem.



Obr. 16 - Čelo vozu



Obr. 17 - Spodek vozu

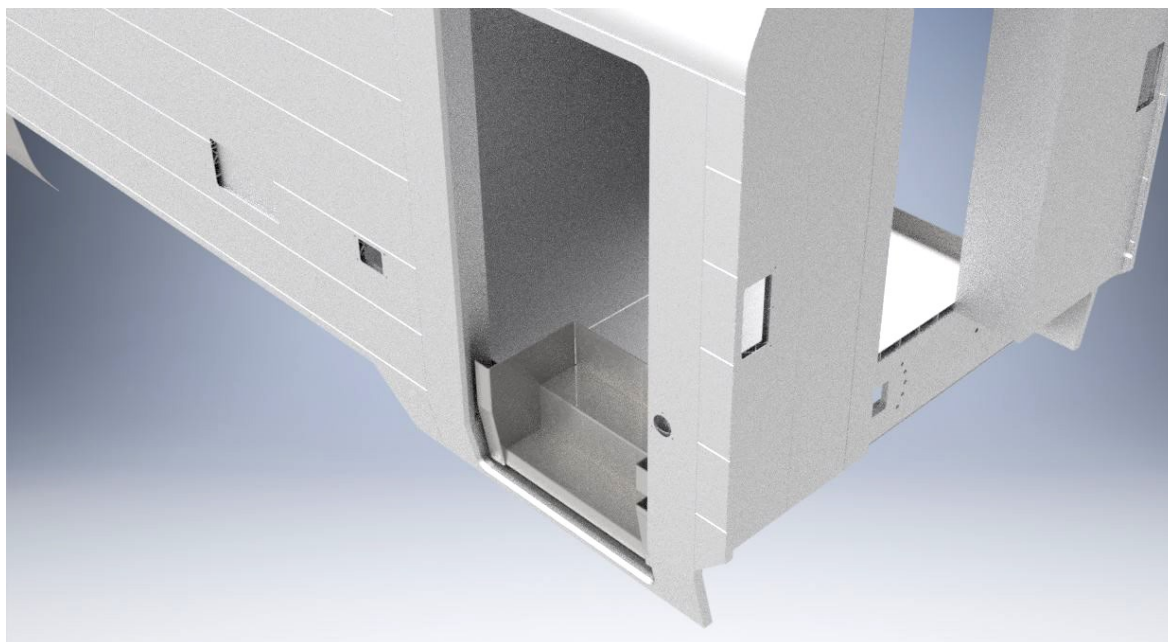
3.6 Detaily vozové skříně a další úpravy

V samotné skříně se také nachází otvory, pro budoucí vybavení. Můžeme zde najít otvory pro koncová světla, které se nacházejí na okrajích čel vozu. V bočnicích se pak

nacházejí otvory pro tlačítka, nouzové otevírání dveří nebo informační panely. Je vhodné množství těchto otvorů snížit na co nejmenší počet, jelikož se negativně podílejí na výsledné pevnosti skříňe.

Spodek vozu, kde se nachází různé vybavení, je vhodné opatřit krytem. Tyto kryty jsou zhotoveny z plechu, který je tvarován dle požadavků a mimo jiné zde působí i jako prvek, ovlivňující vzhled celého vozu. Kryt je rozdělen do několika částí, které lze při servisu odklopit a tím je umožněn přístup k dané části spodku vozu. U vybavení, které produkuje značné množství tepla, je nutné jeho aktivní chlazení. To se většinou realizuje pomocí proudícího vzduchu při jízdě vlaku. V místech součástí, jenž toto chlazení vyžadují, jsou v krytech zhotoveny otvory s mříží. Ty toto chlazení umocňují.

Poté, co je skříň hotová, dochází k jejímu oprýskání korundem, jelikož je nutné povrch zdrsnit kvůli adhezi tmelu. Poté se nanese tmel a následuje jeho přebroušení, čímž je povrch skříňe zbaven případných nervností. Výhodou stavby z hliníkových profilů je jejich vysoká tvarová přesnost. Díky ní se tmelu používá minimum, na rozdíl od klasické ocelové konstrukce. Po zatmelení a přebroušení skříň vozu putuje do lakovny, kde je po nástřiku základní barvy aplikována vrchní barva, dle požadavků zákazníka.



Obr. 18 - Otvory pro budoucí součásti exteriéru

4 Návrh klimatizačního okruhu

Klimatizace je v dnešní době samozřejmostí. Asi každý dnes již předpokládá, že nové vozy a jednotky jsou vybaveny klimatizací, která nás v létě ochrání před vedrem a v zimě naopak zahřeje. V této kapitole bude popsán návrh klimatizačního okruhu v expresním voze.

4.1 Obecné pojednání o klimatizačním okruhu

Klimatizační okruh lze rozdělit do několika částí:

- klimatizační agregát (dále jen K.A.),
- tlumič hluku,
- klimatizační kanály pro dopravu vzduchu do kabiny,
- klimatizační kanály pro odvod vzduchu z kabiny zpět do K.A.,
- ostatní samostatné okruhy, jako ventilace WC, kabiny strojvedoucího apod.

K.A. je hlavní část celého okruhu. Nasává a upravuje vzduch, který je dále pomocí kanálů dopravován dále do vozu. V létě tak poskytuje ochlazení vzduchu v salonu, v zimě pak jeho cirkulaci a předehřev. Jeho umístění ve voze lze realizovat dvěma způsoby:

a) Prvním způsobem je zabudování K.A. do spodku vozu. Tato varianta má výhodu, že pozitivně ovlivňuje těžiště vozu. Velkou nevýhodou je však umístění v blízkosti podvozku. Při rychlém brzdění se z brzd uvolňuje zápach, který je K.A. nasáván a putuje dále do salonu. Zde pak cestující pociťují tento zápach "spáleniny".

b) Druhou variantou je umístění agregátu ve střeše vozu. Tím odpadá problém se zápachem z brzd. Objevuje se však problém s těžištěm. Jelikož je K.A. vysoko nad těžištěm vozu, může mít negativní vlastnosti na jízdní vlastnosti nebo podíl na zvýšení namáhání podvozků.

V mém případě byla vybrána druhá varianta, kdy je K.A. umístěn ve střeše vozu. V praxi se K.A. navrhuje přesně na míru, kdy vybavení je dáno jeho výrobcem a ten následně jeho výsledný tvar upravuje dle tvaru vozu, do kterého bude zabudován.

Z K.A. je pak studený nebo teplý vzduch veden přes tlumič hluku a dále pomocí kanálů do vozu. Úloha tlumiče je eliminace hluku, který způsobují ventilátory K.A. . Klimatizační kanály jsou zhotoveny z tenkého nerezového nebo hliníkového plechu. Jejich spojení musí být těsné, aby nedocházelo k ucházení vzduchu mezerami. Kanály jsou také obklopeny tepelnou izolací.

Poloha vyústění kanálů je v praxi ovlivněna simulacemi, při kterých se zkoumá cirkulace vzduchu v kabině v závislosti na poloze vyústění klimatizačních kanálů.

Z kabiny je pak vzduch odváděn zpět do K.A., čímž se okruh uzavírá. Sání vzduchu je většinou umístěno v nástupním prostoru a i v mém případě tomu není jinak.



Obr. 19 - Klimatizační agregát

4.2 Uložení klimatizačního agregátu

Jak již bylo zmíněno, K.A. je uložen ve střeše vozu. Prvním krokem při vytvoření uložení bylo rozřezání střechy, ve které se vytvořil otvor pro budoucí K.A. . Jeho poloha je co nejblíže ke středu vozu tak, aby bylo rozložení hmoty co nejvíce symetrické. Vzhledem k velikosti K.A. bylo nutné snížit výšku stropu interiéru. Tím vznikla malá nevýhoda, kdy už nelze realizovat klasické rozmístění polic nad hlavami cestujících tak, jako je tomu

v hlavním oddílu. Kvůli zachování tohoto vyššího stropu v hlavním oddíle, bylo třeba K.A. umístit mimo tuto oblast a volba padla na střešní prostor nad oddílem pro cestující na invalidním vozíku.



Obr. 20 - Uložení klimatizačního agregátu

Samotný K.A. pak leží na třech nosnících. Ty jsou uloženy v patkách, které jsou připevněny pomocí C - drážek do skříně vozu. Nosníky se v patkách mohou před svařením volně pohybovat, čímž jsou eliminovány nepřesnosti vznikající při svařování skříně vozu. Je tedy možno nosník ustavit přesně podle požadavků a až poté svařit. Jako materiál je použita konstrukční ocel. Ta musí být opatřena povrchovou úpravou proti korozi, jelikož

4.3 Rozvod vzduchu do vozu

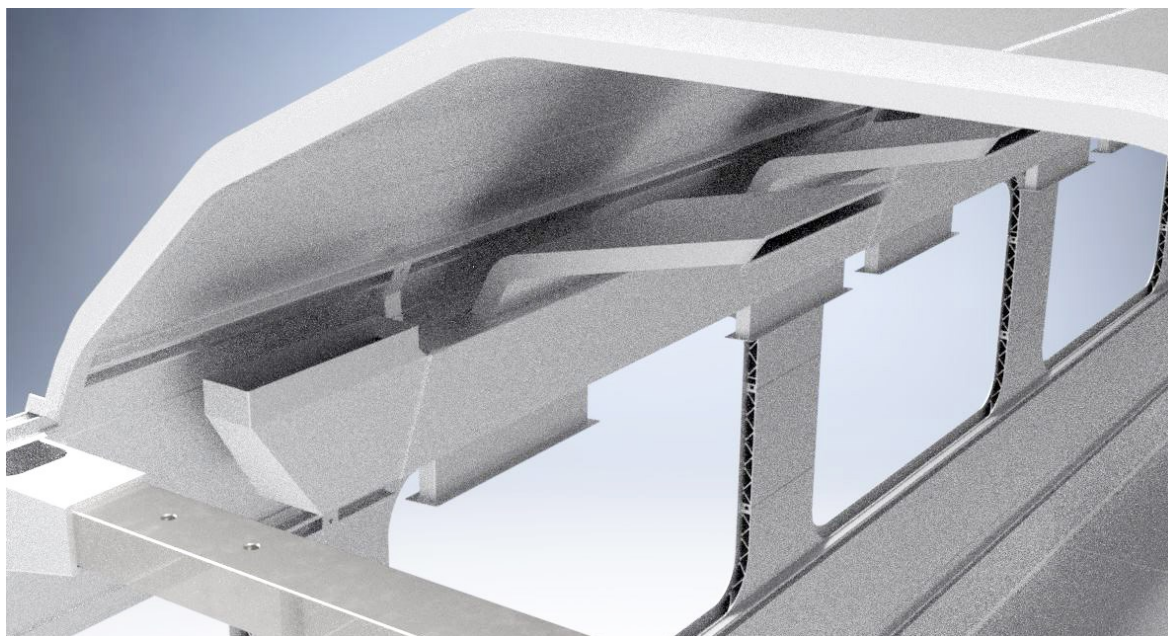
Rozvod vzduchu je řešen pomocí klimatizačních kanálů. Jedná se o speciálně tvarované komponenty, vyráběné z různých materiálů. V mém případě se jedná o tenký nerezový plech. Samotný přívod vzduchu se skládá ze tří částí:

- spojovací část mezi tlumičem hluku a hlavní částí klimatizačního kanálu,
- hlavní část klimatizačního kanálu,
- koncová část klimatizačního kanálu.

První část - spojovací - se skládá opět z plechových komponent, které jsou speciálně natvarovány tak, aby co nejkratší možnou volnou cestou dovedly vzduch z tlumiče do hlavní části okruhu, odkud je vzduch již dodáván do salonu vozu. Tento sektor je tvarově nejnáročnější, jelikož je nutné kanál stáčet různými směry až do tlumiče.

Hlavní částí se rozumí část kanálů, která již obsahuje vyústění vzduchu do salonu vozu. tato umístění jsou dvě - jedno mezi oknem a obložením vozu, druhé u stropu. Umístění těchto otvorů se v praxi provádí v závislosti na počítačové simulaci (tzv. CFD analýza). Ta poskytuje data o proudění a cirkulaci vzduchu v salonu, kde se pomocí polohy vyústění vzduchu tyto dva faktory optimalizují. Poloha vyústění v této práci není na takových simulacích založena, je zvolena dle míst, kde se většinou vyskytují. Tato vyústění jsou vidět na obr. 21, spolu s dílem spojovací části s tlumičem.

Kanály jsou ke skříni upevněny do C - drážek pomocí objímek. Tyto objímky jsou vyrobené ze dvou ohýbaných ocelových pásků. Jejich tvar závisí na tvaru samotného kanálu. Konce jsou pak ohýbány směrem k C - drážkám, do kterých jsou upevněny. Tyto objímky slouží jednak jako upevnění, ale také částečně jako těsnění přechodu mezi kanály. Samotné kanály jsou pak obaleny izolačním materiálem.



Obr. 21 - Klimatizační kanál



Obr. 22 - Uchycení kanálu

5 Návrh sociálního zařízení

Návrh sociálních zařízení je jedním z důležitých faktorů při konstrukci vozu. Ať už z pohledu kapacit tak hlavně designu, který dnes udává hlavní směr. Dobře vypadající a fungující toalety pozitivně ovlivňují kvalitu a komfort při cestování.

5.1 Obecné pojednání o sociálních zařízeních

Každý osobní vůz musí obsahovat i sociální zařízení, jako je WC vybavené umyvadlem spolu s potřebných příslušenstvím. S postupem času je vybavení toalet větší. Ať už se jedná například o přebalovací pulty či vysoušeče rukou apod. O sociálních zařízeních pojednává vyhláška **UIC 563 - Hygienická zařízení osobních kolejových vozidel**, která obecně definuje toalety následovně:

„Každý vůz sloužící k přepravě cestujících musí mít k dispozici min. jednu toaletu. U osobních vozidel s kapacitou více než 40 míst pak musí být k dispozici minimálně 2 toalety. Každá toaleta musí být vybavena také umývárnou.“⁶

V mém případě vůz obsahuje toalety dvě. Jedna větší uprostřed vozu, která je vybavena bezbariérovým přístupem a je ve voze umístěna co nejbližší místům určeným pro cestující na invalidním vozíku. Druhá toaleta je menší a je umístěna na konci vozu.



Obr. 23 - Bezbariérové WC

Velikost prostor toalet je blíže specifikován v již zmíněné ve vyhlášce UIC 563 spolu s dalšími parametry, jako jsou stěny, obložení, použitelné materiály atp. Při návrhu WC jsem vycházel z poskytnutých materiálů firmy Škoda Vagonka, které pojednávaly o již existujících WC. Rozměry byly převzaty a celek pak upraven dle možností interiéru vozu.

5.2 Výpočty nádrží na vodu a odpad

Jedním z důležitých parametrů při návrhu toalet ve voze je kapacita nádrže na vodu a fekálie. Tímto se zabývá kapitola **Zvláštní ustanovení pro uzavřené toalety** ve vyhlášce UIC 563. V bodě 6.1.3 nalezneme pojednání o zásobě vody a objemu nádrže na odpadní vodu. A to konkrétně:

„Pro navrhování nádrží na vodu a odpadní vodu je nutno brát v potaz tyto základní údaje:

- *0,25 použití WC na jedno místo k sezení za provozní hodinu vozu (min. doba provozu za den: 10 h, pro vozidla při déle trvající dopravě : 16 h).*
- *Nádrže na vodu musí být navrženy tak, aby množství čisté vody bezpečně vystačilo pro 24-hodinový provoz vlaku.*
- *Objem odpadní nádrže musí umožnit časové rozmezí mezi 2 vyprázdněními po dobu 72 hodin.“*⁶

Tím je zadána část hodnot, potřebných pro výpočet nádrže na vodu a nádrže na odpadní vodu. Jako další je třeba znát, kolika místy k sezení disponuje daný vůz. V mém případě se jedná o 68 míst. Nasazení vozu je 18 h denně - jedná se tedy o vůz pro dlouho trvající dopravu. Jako poslední je třeba znát objem vody potřebný k spláchnutí a využití umývárny toalety. V bodě **6.1.11.1**⁶ se doporučuje zajistit pro jednotlivá splachování objem vody min. 0,4 litrů. Vzhledem k využití umyvadla jsem hodnotu nastavil na 0,7 litrů. Objem vody, jenž odteče do nádrže na odpadní vodu je nastaven na 1,5 litrů. Tato hodnota zahrnuje součet objemu vody přivedené z nádrže na čistou vodu a fekálie. Vstupní hodnoty jsou shrnuty v následující tabulce.

Název	Hodnota	Jednotka
Použití WC na jedno místo za provozní hodinu n_p	0,25	[-]
Nasazení vozu za den t_{pr}	18	dní
Počet míst ve voze n_{sed}	68	[-]
Množství vody přivedené z nádrže na čistou vodu V_{voda1}	0,7	[l]
Množství vody odvedené do odpadní nádrže V_{voda2}	1,5	[l]

Tab. 1 - Souhrn parametrů pro návrh nádrží

Výsledná hodnota objemu nádrží se vypočte jako součin těchto hodnot s ohledem na typ nádrže. Pro nádrž na čistou vodu je použita hodnota V_{voda1} (viz rovnice 5.1), pro nádrž na odpadní vodu je to hodnota V_{voda2} (viz rovnice 5.2). Hodnota t_{pr} je násobena dvěma, jelikož se předpokládá dvoudenní provoz.

$$V_{cista} = n_p \cdot 2 \cdot t_{pr} \cdot n_{sed} \cdot V_{voda1} = 0,25 \cdot 2 \cdot 18 \cdot 68 \cdot 0,7 = 428,4 \text{ l} \quad (5.1)$$

$$V_{odpad} = n_p \cdot 2 \cdot t_{pr} \cdot n_{sed} \cdot V_{voda2} = 0,25 \cdot 2 \cdot 18 \cdot 68 \cdot 1,5 = 918 \text{ l} \quad (5.2)$$

Z rovnic byly zjištěny objemy, potřebné pro vyhovující provoz sociálních zařízení a to :

- celkový objem nádrže pro čistou vodu - 428,4 l,
- celkový objem nádrže pro odpadní vodu - 918 l.

Vzhledem ke dvěma WC ve voze, se tyto hodnoty dělí dvěma. Každé WC má svoji nádrž na čistou a odpadní vodu. Výsledné hodnoty pro další návrhy tedy jsou:

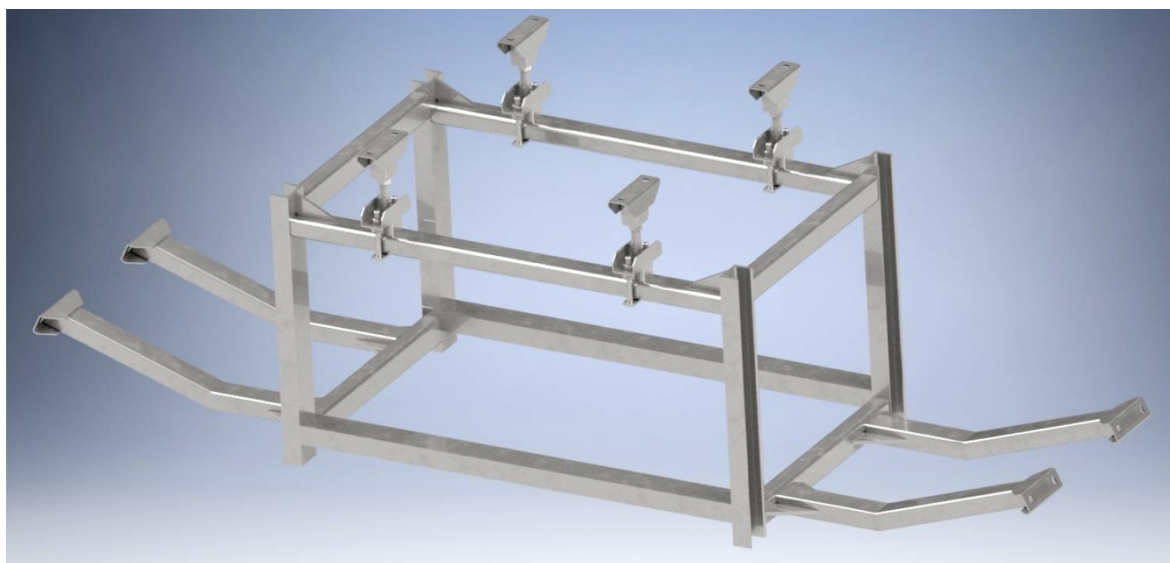
- objem nádrže pro čistou vodu po zaokrouhlení 215 l,
- objem nádrže pro odpadní vodu po zaokrouhlení 460 l.

5.3 Návrh uložení vodojemu

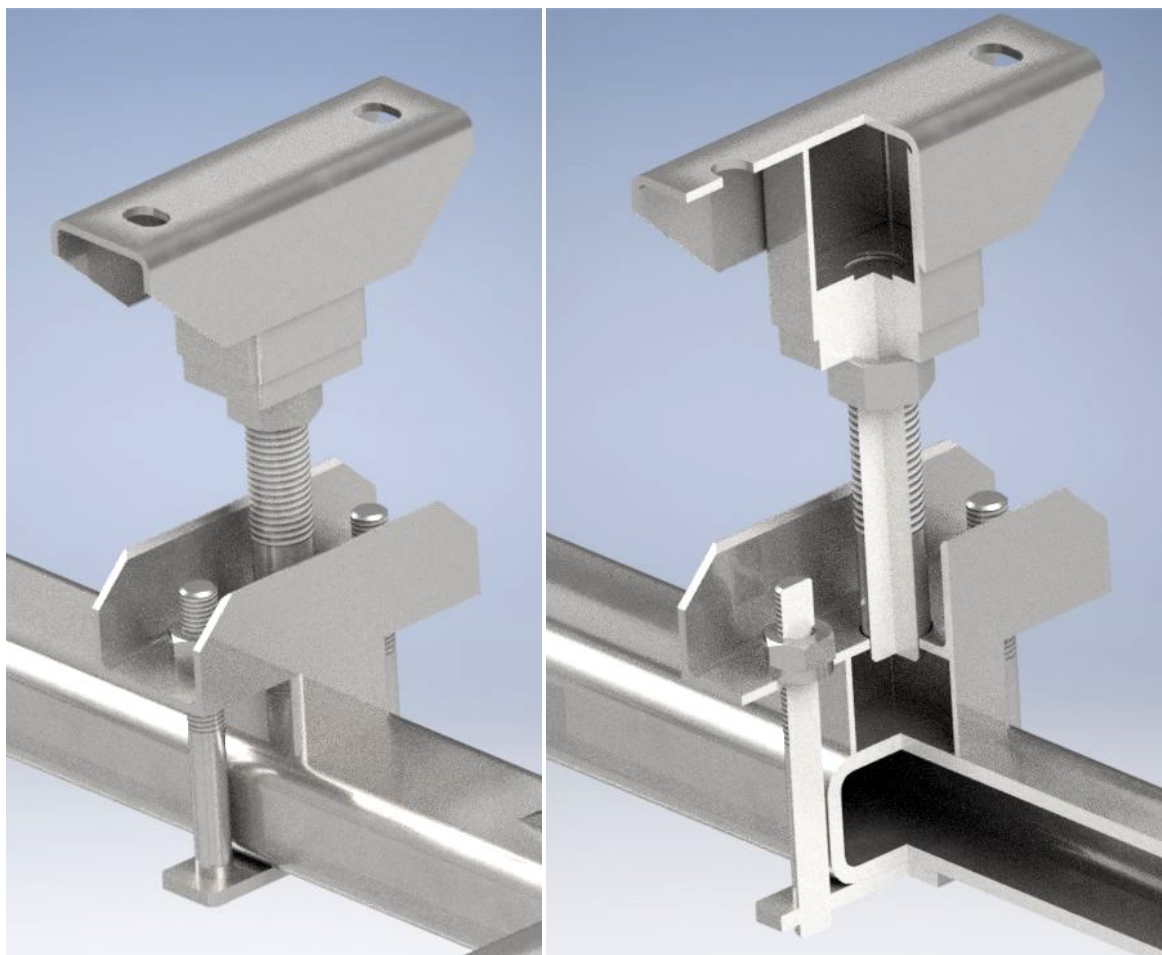
Uložení vodojemu bývá v praxi vytvořeno jako svařovaná konstrukce. I zde byla zvolena metoda svařované konstrukce, jelikož je výhodná z pohledu jednoduchosti a při dobrém sestavení i vysokou tuhostí.

Nosníky, u nichž se předpokládá vyšší zatížení a s tím spojené zvýšené napětí a následná deformace, jsou zhotoveny z U profilů vnějších rozměrů 65 x 42 mm. Ostatní nosníky jsou zhotoveny z profilu obdélníkového průřezu 60 x 40 mm. Profily jsou normalizovány dle ČSN. V prvotním návrhu byly všechny profily pouze z obdélníkového průřezu 60 x 40 mm, avšak ve spodní části docházelo k velkému průhybu (cca 1,8 mm). Jelikož byl požadavek, aby průhyb nabýval hodnot maximálně 1 mm, bylo třeba změnit profil na již zmíněný U profil 65 x 42 mm. Tím došlo ke zvýšení tuhosti, zmenšení průhybu pod 1 mm, bez zbytečného zhmotňování konstrukce, což by se projevilo navýšením její hmotnosti.

Celá konstrukce je upevněna do skříně vozu pomocí šroubového spojení a to za pomoci C-drážek. Ve spodní části je vodojem uchycen pomocí čtyř ramen, která mají za úkol stabilizovat nádrž v příčném a podélném směru vozu. Na konci ramen se nachází uchycení s drážkami, které slouží k přichycení do C-drážek pomocí kamenů. Vrchní část vodojemu naopak stabilizuje vodojem ve svislé ose a nese tedy velkou část hmotnosti celé sestavy. Uchycení se skládá z objímky, která obepíná vrchní nosník a pomocí šroubů je s nosníkem stažena. Součástí objímky je závitová tyč M20, na kterou je našroubována druhá část, jenž slouží k připevnění do C-drážek skříně. Díky závitům lze přesně nastavit požadovanou vzdálenost mezi rámem vodojemu a C-drážkou ve skříní vozu. Po nastavení vzdálenosti se zde nachází matice, po jejímž dotažení se poloha uchycení zafixuje. Celou sestavu vrchního uchycení můžeme vidět na obr. 25 spolu s jeho částečným řezem.



Obr. 24 - Konstrukce rámu vodojemu



Obr. 25 - Konstrukce vrchního uchycení a jeho řez

5.4 Výpočet sil působících na uložení vodojemu

Při návrhu vodojemu musíme počítat s dynamikou, která se s provozem železničních vozidel spojuje. Dynamické změny jsou zapříčiněny rozjezdem, brzděním, jízdou v oblouku, nerovnostmi tratě atp. Všechny tyto jevy ve výsledku vytváří nerovnoměrně-proměnlivé zrychlení a to ve všech osách vozu.

O celém problému pojednává norma ČSN EN 12663-1+A1, která řeší pevnostní požadavky na konstrukci skříní kolejových vozidel. V kolejové dopravě se nachází několik skupin vozidel, pro které platí různé druhy maximálních zatížení, zrychlení apod. V mém případě se jedná o kategorii P-II, což jsou ucelené vlakové jednotky a osobní vozy⁷.

Pro případ výpočtu průhybů a napětí v konstrukci vodojemu je využito tabulek zrychlení pro osu X, Y a Z. Tato zrychlení udávají maximální zrychlení, které musí

komponenty vydržet. Toto zrychlení odpovídá situaci nehody. Nejedná se tedy o zrychlení, které se periodicky opakuje, jako u provozních zatíženích.

Zrychlení ve směru osy x ⁷

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie L	Kategorie P-I	Kategorie P-II	Kategorie P-III	Kategorie P-IV	Kategorie P-V	Kategorie F-I	Kategorie F-II
±3 g	±5 g	±3 g	±3 g	±2 g	±2 g	±5 g	

Tab. 2- Zrychlení ve směru osy x

Zrychlení ve směru osy y ⁷

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie L	Kategorie P-I	Kategorie P-II	Kategorie P-III	Kategorie P-IV	Kategorie P-V	Kategorie F-I	Kategorie F-II
±1 g							

Tab. 3 - Zrychlení ve směru osy y

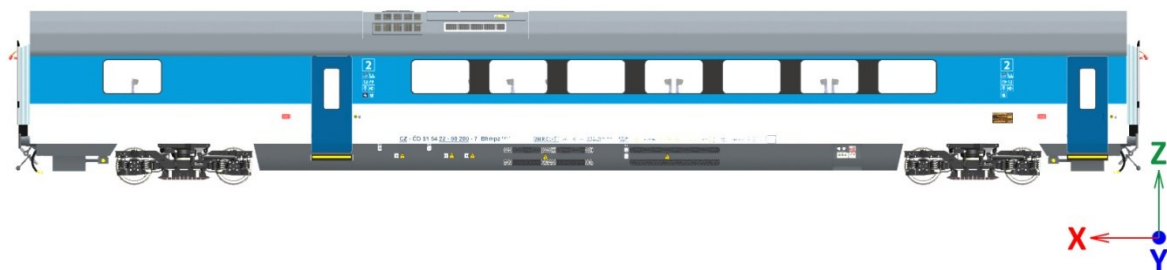
Zrychlení ve směru osy z ⁷

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie L	Kategorie P-I	Kategorie P-II	Kategorie P-III	Kategorie P-IV	Kategorie P-V	Kategorie F-I	Kategorie F-II
$(1 \pm c) \times g^a$							
^a c = 2 na konci vozidla a lineárně klesá na 0,5 ve středu vozidla							

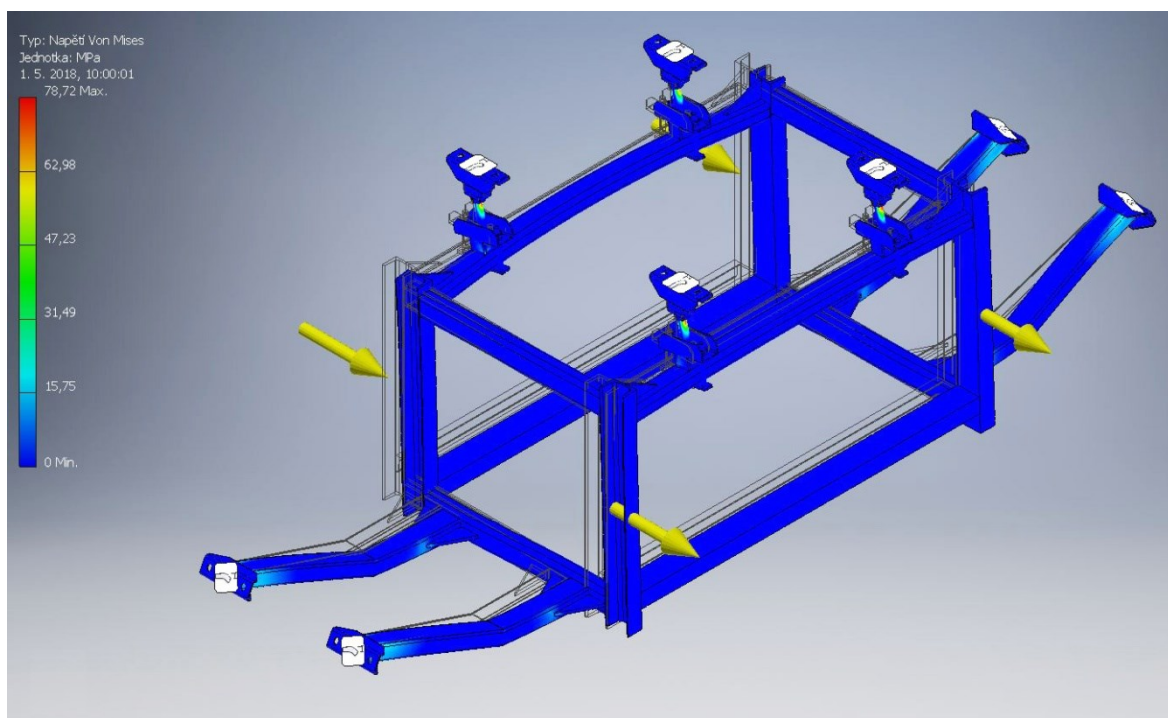
Tab. 4 - Zrychlení ve směru osy z

Při simulaci MKP modelu sestavy je počítáno s maximálním zatěžováním rámu vodojemu **v každé ose zvlášť.** ⁷ Hmotnost vody + nádrže (230 kg) je dle osy vynásobena příslušným zrychlením a poté zkontrolováno, zda použitý materiál vyhovuje z pohledu maximálních napětí. Zároveň je kladen důraz i na posuvy, které by **neměly přesáhnout 1 mm.**

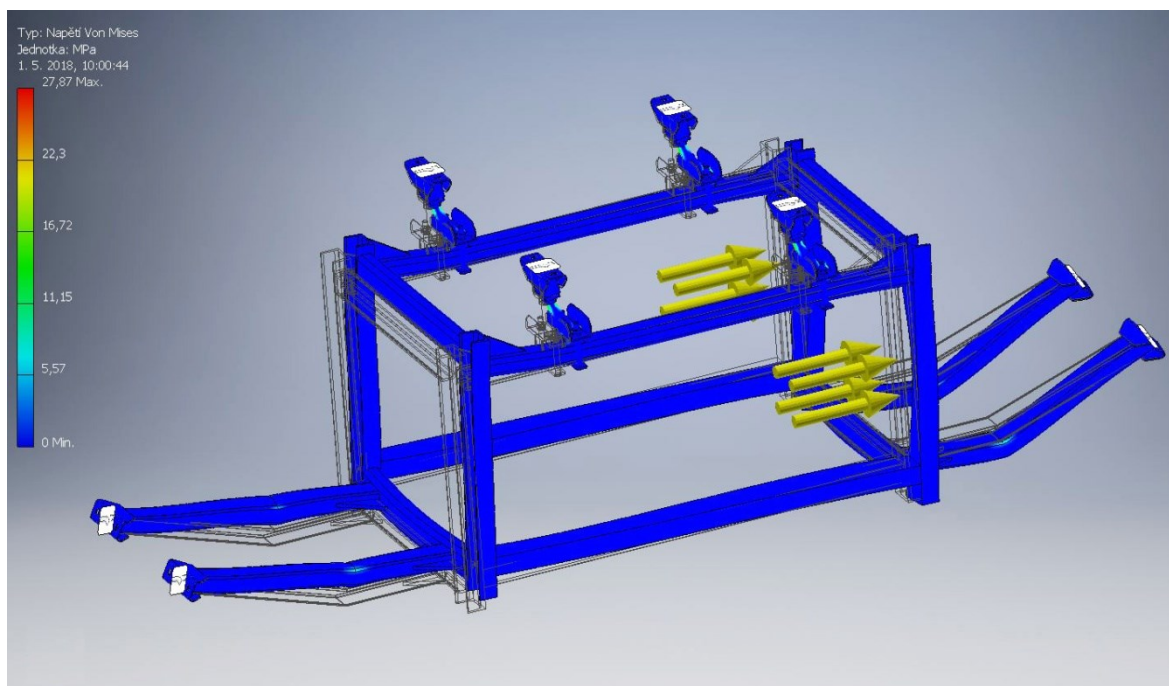
Reakční síly mezi vodojemem a rámem vodojemu jsou v ose Y a Z nahrazeny tlakovým zatížením, jenž je umístěno na příslušnou část rámu (plocha nosníku). V ose X je zatížení rozloženo na 4 síly, které napodobují uchycení nádrže ke každému ze svislých nosníků. Nádrž vodojemu je v praxi k rámu přišroubována a tak síly působí v uchyceních mezi nádrží a rámem vodojemu. Vzhledem k absenci těchto uchycení v modelu, jsou síly opět aplikovány přímo na plochu svislých profilů.



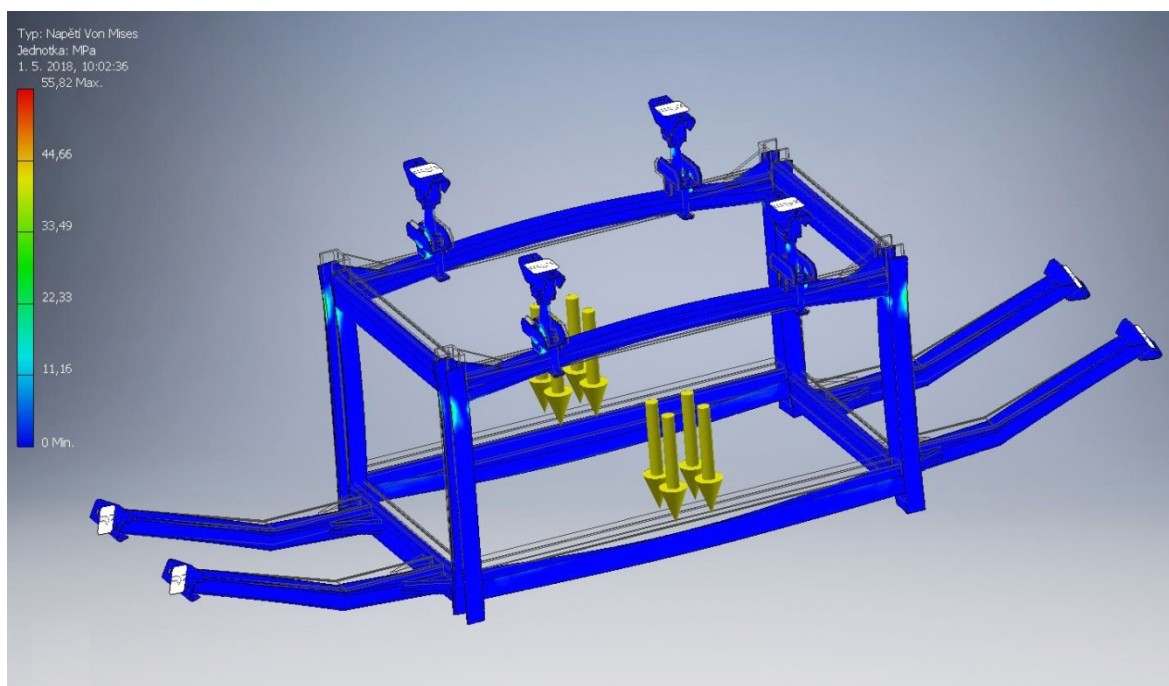
Obr. 26 - Souřadnicový systém vozu



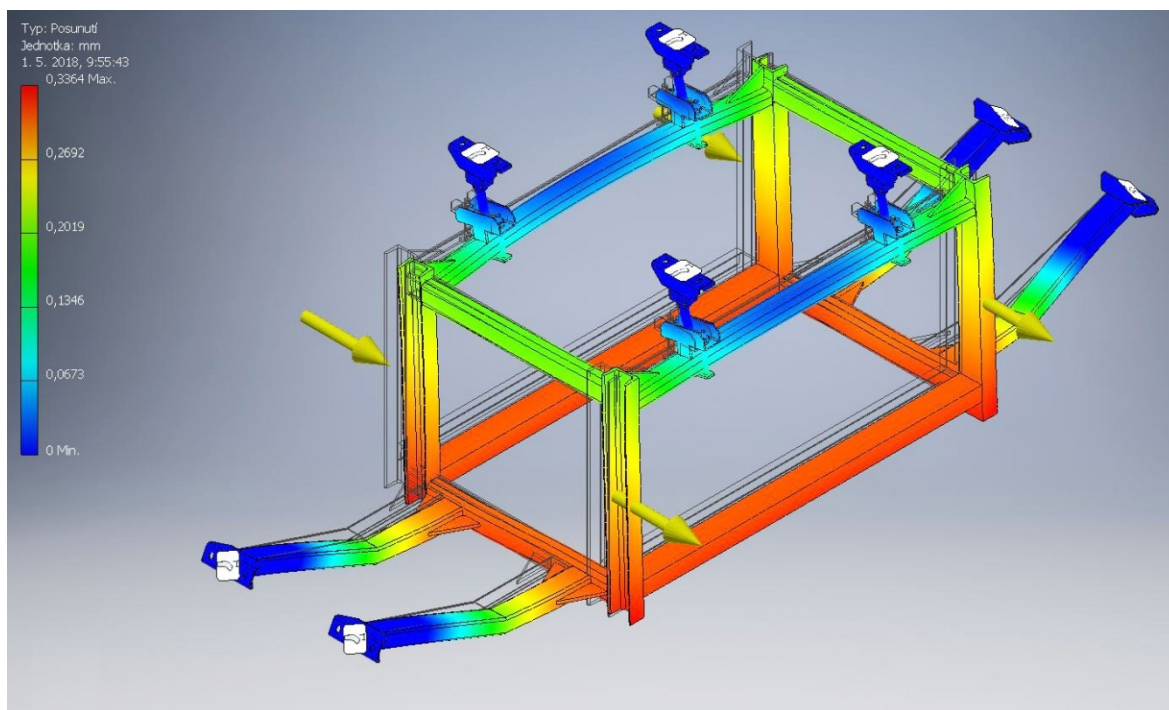
Obr. 27 - Napětí v ose X



Obr. 28 - Napětí v ose Y



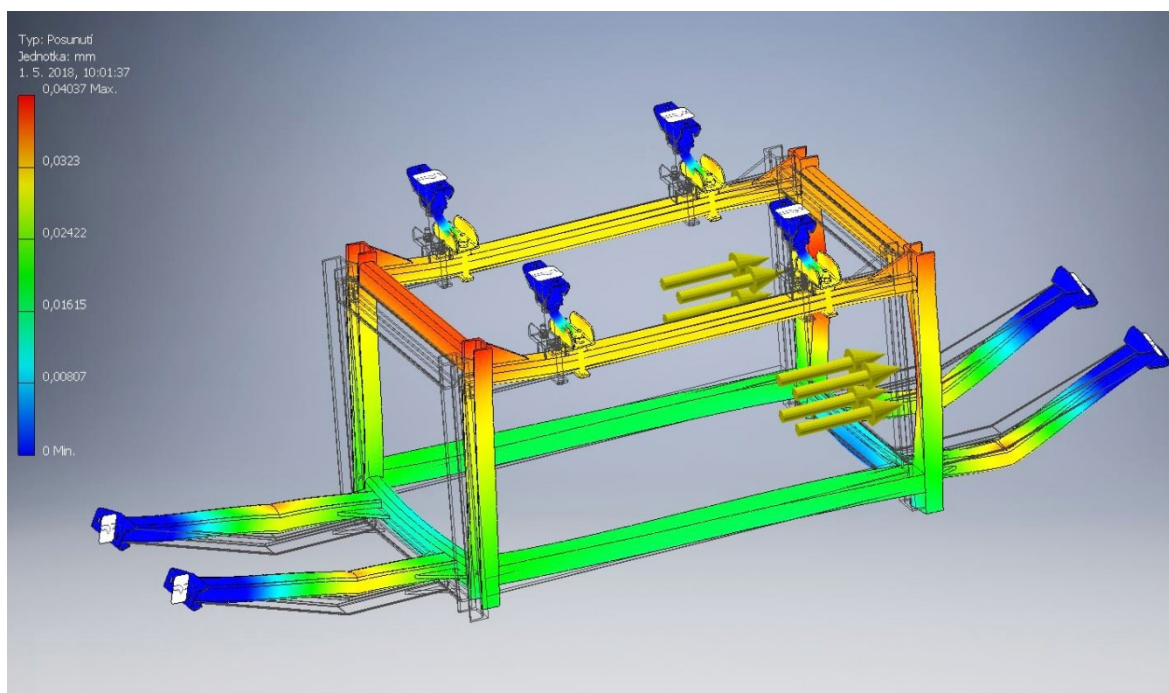
Obr. 29 - Napětí v ose Z



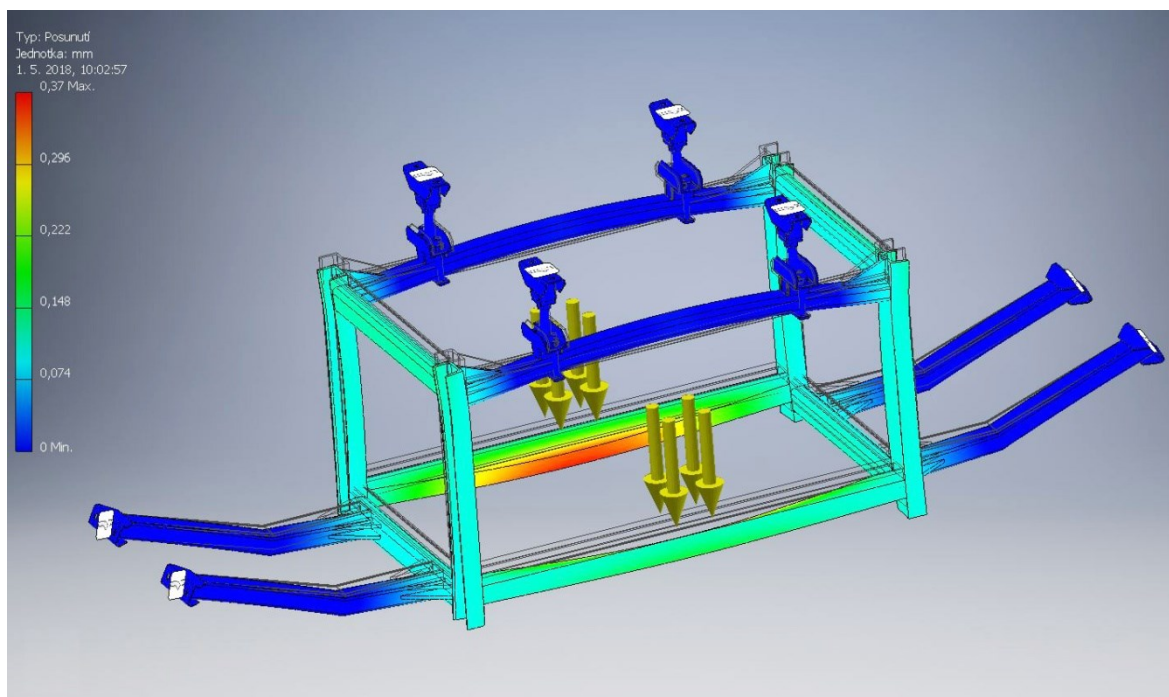
Obr. 30 - Posuv v ose X

Z hlediska maximálních napětí se rám vodojemu jeví pevnostně vyhovující. Maximální napětí jsou v jednotlivých osách následující:

- V ose X je maximální napětí 79 MPa
- V ose Y je maximální napětí 28 MPa
- V ose Z je maximální napětí 56 MPa



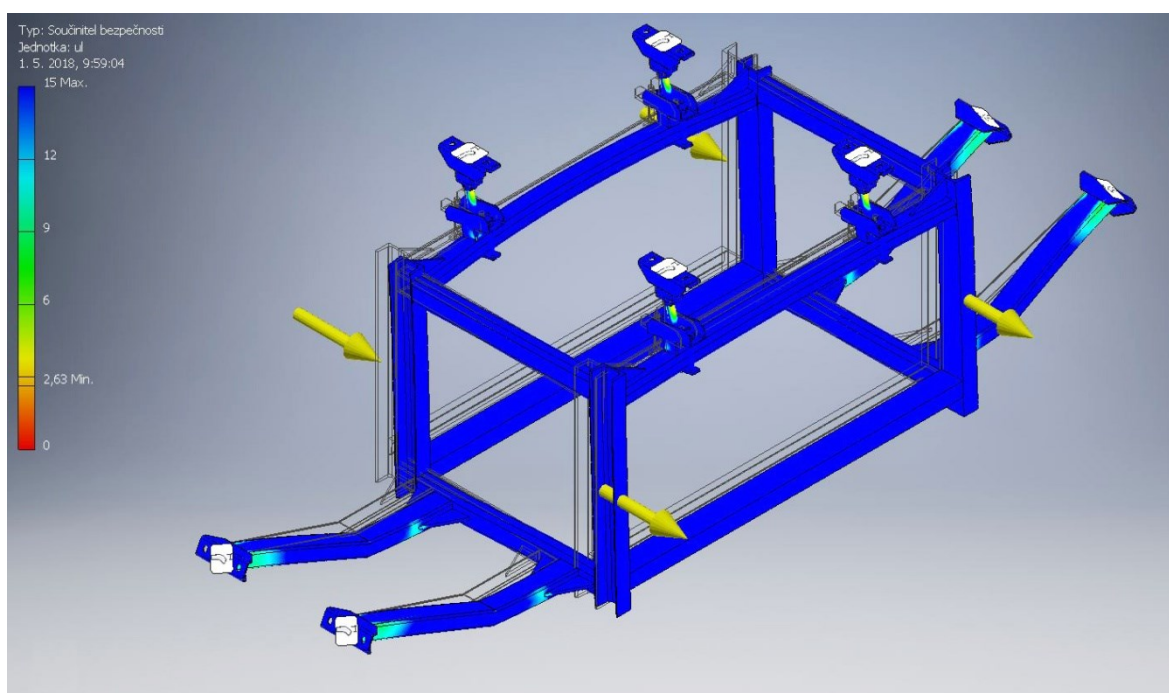
Obr. 31 - Posuv v ose Y



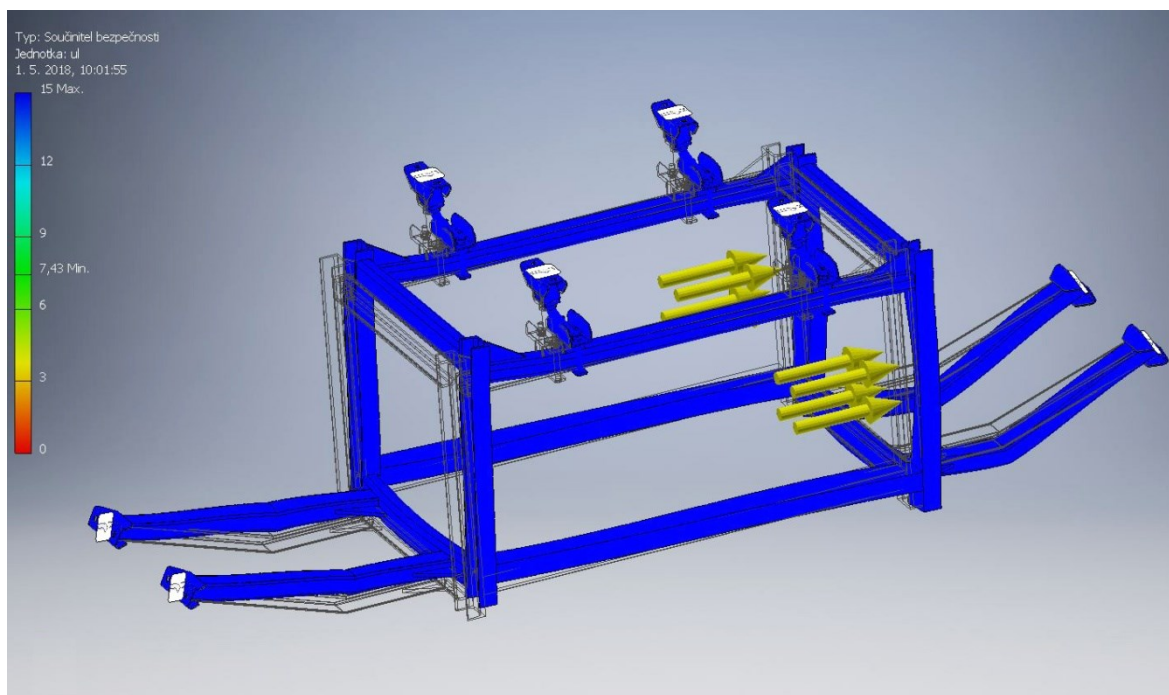
Obr. 32 - Posuv v ose Z

Z pohledu posuvů se jejich velikost taktéž vešla do vymezené tolerance. Žádný z počítaných posuvů nepřekročil 1 mm, což byla stanovená hraniční hodnota.

- V ose X je maximální posuv 0,3 mm
- V ose Y je maximální posuv 0,1 mm
- V ose Z je maximální posuv 0,4 mm



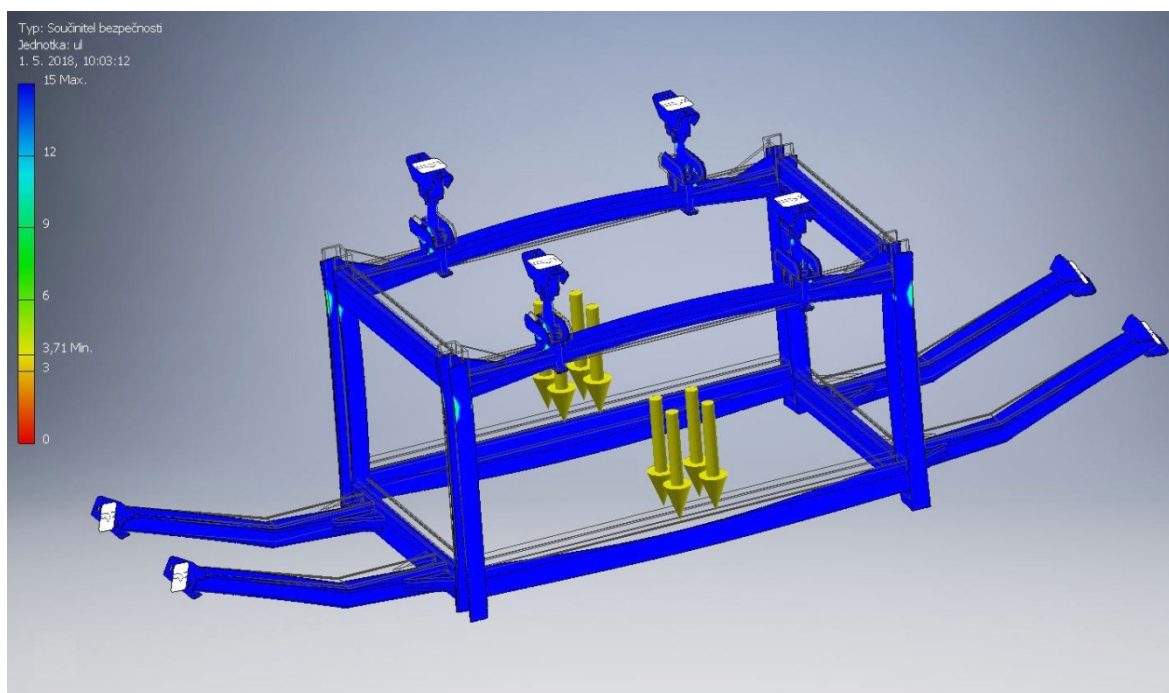
Obr. 33 - Bezpečnost v ose X



Obr. 34 - Bezpečnost v ose Y

Poslední sledovanou hodnotou byla bezpečnost. Její hodnoty jsou následující:

- V ose X je minimální bezpečnost 2,6
- V ose Y je minimální bezpečnost 7,4
- V ose Z je minimální bezpečnost 3,7



Obr. 35 - Bezpečnost v ose Z

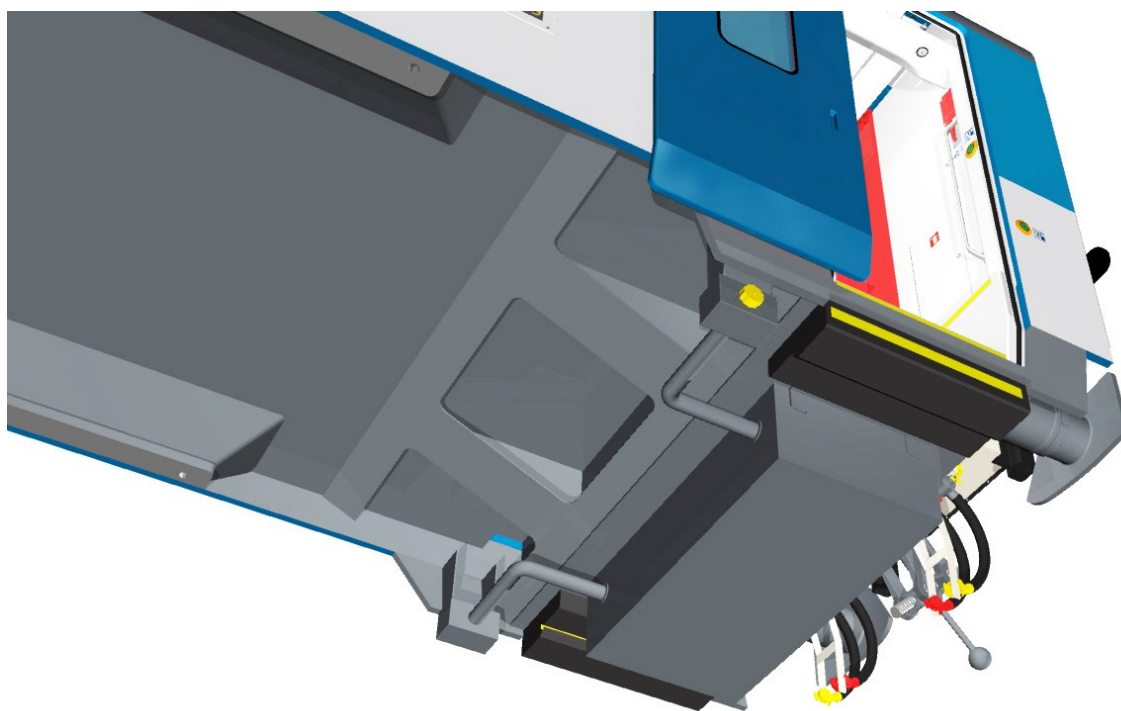
5.5 Návrh odpadních nádrží

V odpadních nádržích se shromažďují veškeré odpadní tekutiny, které jsou ve voze produkovány. Ať už se jedná o vodu z umyvadel či toalet, vše končí v odpadní nádrži. Odpadní nádrže se většinou zavěšují pod podlahu vozu. V jistých případech je možno je umístit i do interiéru vozu. Jsou to případy například nízkopodlažních jednotek, nebo patrových vozů. Zde je pod vozem minimum místa a tak se většina komponent ukládá do interiéru nebo na střechu vozu.

V mém případě se však jedná o vůz klasického provedení a je možno veškeré podpůrné vybavení umístit pod podlahu vozu, případně pod střechu, jako je tomu u nádrže na čistou vodu. U odpadních nádrží jsem se rozhodl o typické místo - pod podlahou vozu. Vzhledem ke dvěma toaletám se dále nabízela otázka, zda mít jednu velkou nebo dvě menší nádrže. U velké nádrže je problém s větší velikostí a celkovým těžištěm vozu. Nádrž je třeba umístit co nejbližší středu vozu tak, aby byla výsledná poloha těžiště co nejbližší středu vozu. Tím se zaručí rovnoměrné namáhání vypružení vozu a lepší jízdní vlastnosti. Další nevýhodou tohoto řešení je fakt, že ve středu vozu je místo určeno primárně pro boxy, obsahující další důležité vybavení jako brzda, zdroj elektrické energie atd. V neposlední řadě musíme počítat s umístěním WC. U klasických vozů se obě WC umísťují na konec vozu tak, jak je umístěno malé WC v mém voze. To znamená, že do jedné nádrže musíme přivést odpadní tekutiny potrubím, které má délku celého vozu.

Všechny tyto nevýhody však odpadají při rozdělení nádrže do dvou menších o rozměrech 1600 x 800 x 400 mm. Objem cca 500 l, tedy 40 l rezerva nad vypočteným objemem 460 l v kapitole 5.2. Nádrže jsou kompaktní a dají se pohodlně umístit pod oba představky vozu do blízkosti WC, odkud lze odpadní látky odvádět relativně krátkou cestou. Výhodou je i symetrické umístění vůči středu vozu, což působí kladně na polohu těžiště. Nevýhodou však je zrychlení v ose Z. Z tab. 4 vyplývá, že zrychlení roste lineárně směrem ke konci vozidla. Pevnostní nároky na uchycení nádrží jsou tedy vyšší, než kdyby byla nádrž umístěna ve středu vozu. Vzhledem k velikostem nádrží a objemu 460 l (500 l), by to však neměl být nepřekonatelný problém. Z pohledu tepelné izolace není třeba nádrže nijak zvlášť izolovat, jelikož odpadní látky samy o sobě produkují díky chemickým reakcím dostatek tepla.

Odpadní látky jsou z nádrží odsávány za pomoci příslušného vybavení během údržby. To zaručí dokonalé odsátí veškerých odpadních látek v nádrži. K připojení hadic slouží rychlospojky umístěné v krajní části vozu vedle samotných nádrží. Rychlospojky jsou dostupné například od výrobce CAM-LOCK. Typ rychlospojek definuje v zakázce provozovatel vozu.



Obr. 36 - Pohled na odpadní nádrž pod předstávkem vozu

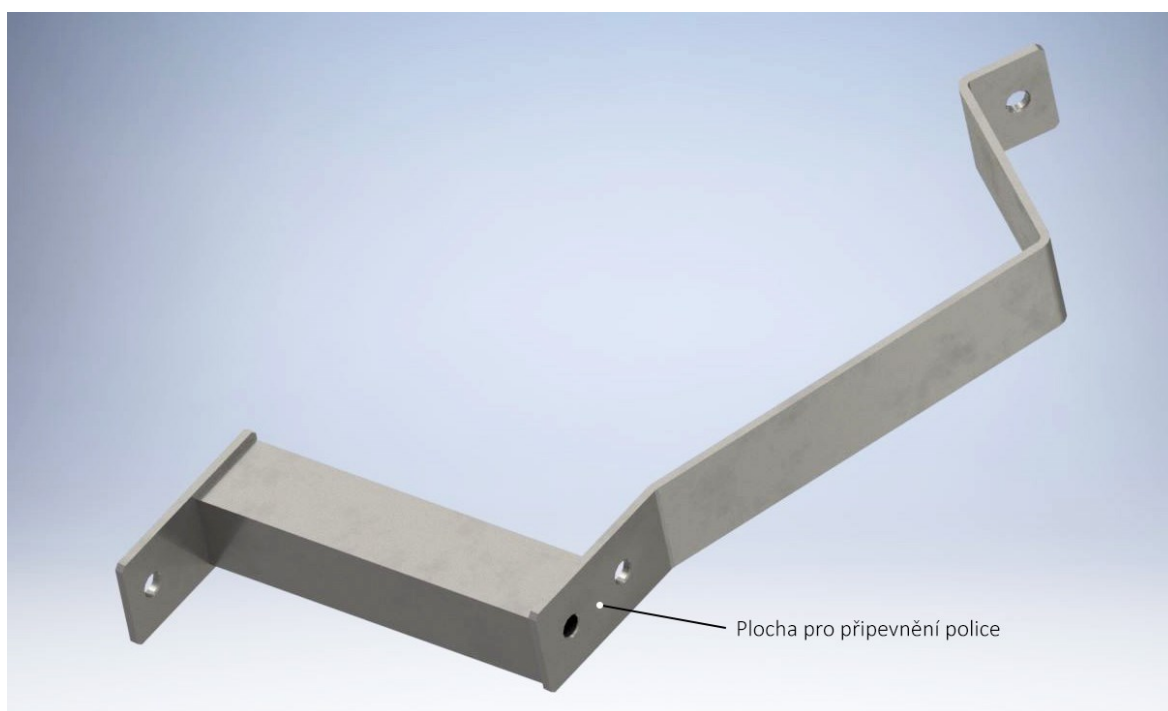
6 Návrh interiéru vozu

Kvalitní návrh interiéru hraje důležitou roli pro pohodlí při cestování. Ať už se jedná o vzhled interiéru či jeho vybavení, všechny tyto aspekty se odrážejí ve výsledném dojmu cestujícího při cestování v osobním voze.

6.1 Uchycení polic

Uchycení polic představuje další ze zajímavých konstrukčních celků ve voze. Je to dáno hlavně omezeným místem pro tuto konstrukci, jelikož se v místě vyskytuje i uchycení klimatizačních kanálů a samotné klimatizační kanály. Rozměry by měly být co nejmenší, uchycení nesmí kolidovat s klimatizačním okruhem a obložením interiéru.

Návrh uchycení spočívá v sestavě, která je tvořena ze dvou ocelových pásů a jednoho čtvercového ocelového profilu o tloušťce stěny 3mm. Celá sestava je svařena a přimontována do skříně pomocí C-drážek. Ty umožní pohyb v podélné ose a přesné ustavení do požadované polohy. Pohled na 3D model uchycení zachycuje obr. 37. Zabudování do skříně pak lze vidět na obr. 38. Připevnění polic je provedeno nýťovacími maticemi.



Obr. 37 - Model uchycení polic

Při výpočtu zatížení polic se dle informací z firmy Škoda Vagonka počítá se zatížením $m_p = 100 \text{ kg}$ na 1 m délky police. K tomuto zatížení se navíc připočítává nárazové zatížení $m_n = 80 \text{ kg}$ v libovolném bodě police. Všechny tyto hodnoty doplňuje i norma ČSN EN 12663-1+A1, jenž definuje možné dosažené zrychlení v osách X, Y a Z, jak bylo zmíněno

v kapitole 5.4. Vzhledem k délce polic 1 900 mm je počítáno, jako by jejich délka byla 2 m. Ve výsledku je tedy simulované zatížení o něco vyšší, než jaké je doporučeno. Na jedno uchycení, které se nachází mezi dvěma kusy police, tedy působí základní hmotnost

$$m_z = 2 \cdot m_p = 2 \cdot 100 = 200 \text{ kg} \quad (6.1)$$

Přičteme-li nárazovou hmotnost, dostáváme

$$m_v = m_z + m_n = 200 + 80 = 280 \text{ kg} \quad (6.2)$$

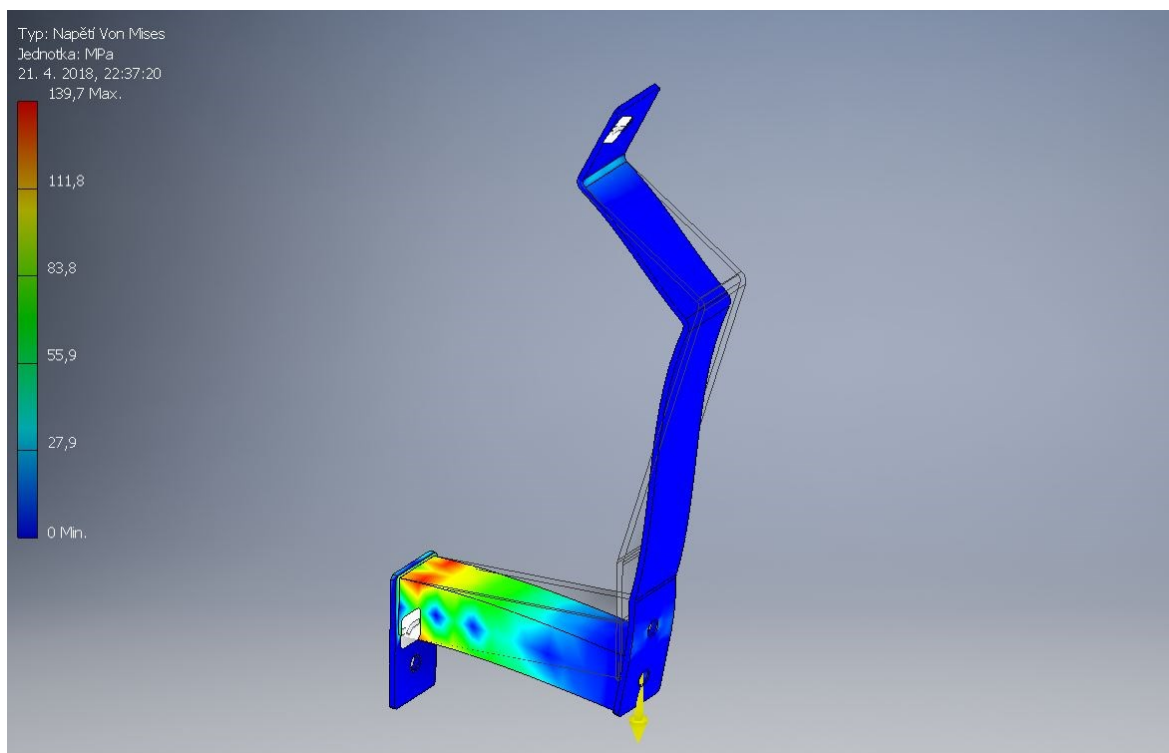
Nyní, dle tab. 4, která definuje zrychlení v ose Z dostáváme při poloze blíže středu maximální zrychlení cca 2G. Na uchycení tedy působí síla

$$F_u = 2 \cdot m_v \cdot g = 2 \cdot 280 \cdot 9,81 = 5493,6 \text{ N} \quad (6.3)$$

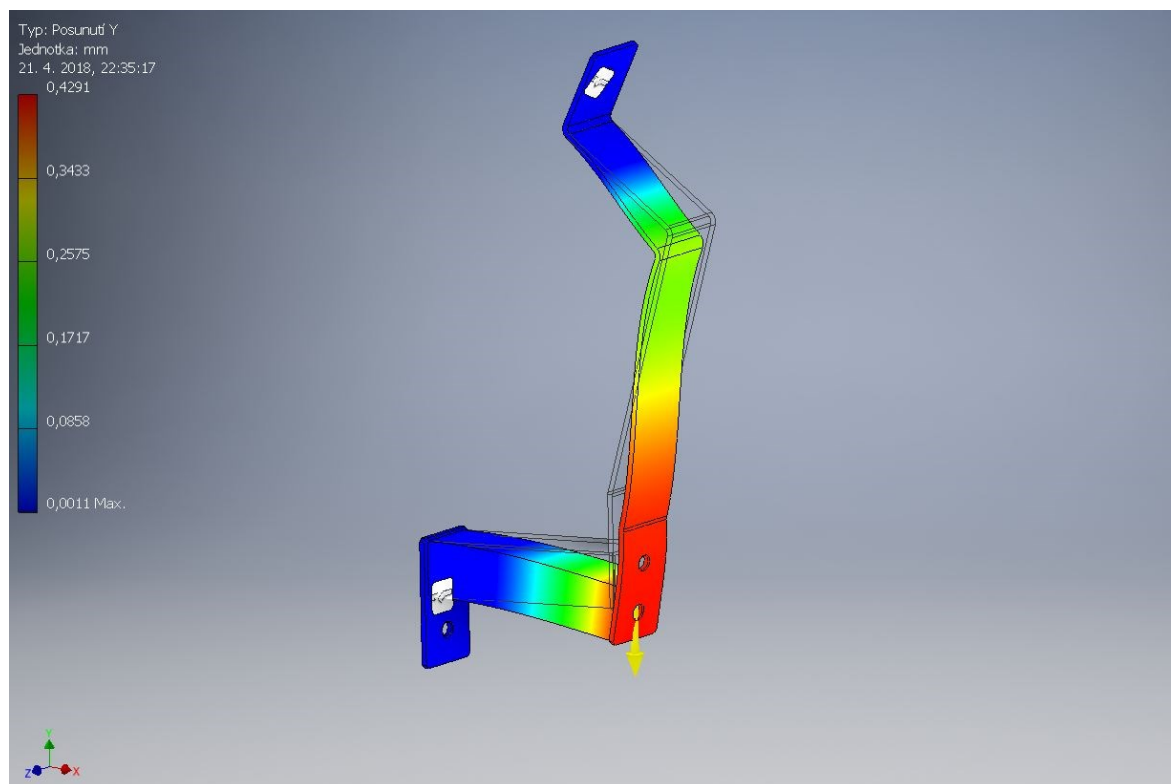


Obr. 38 - Umístění ve skříni

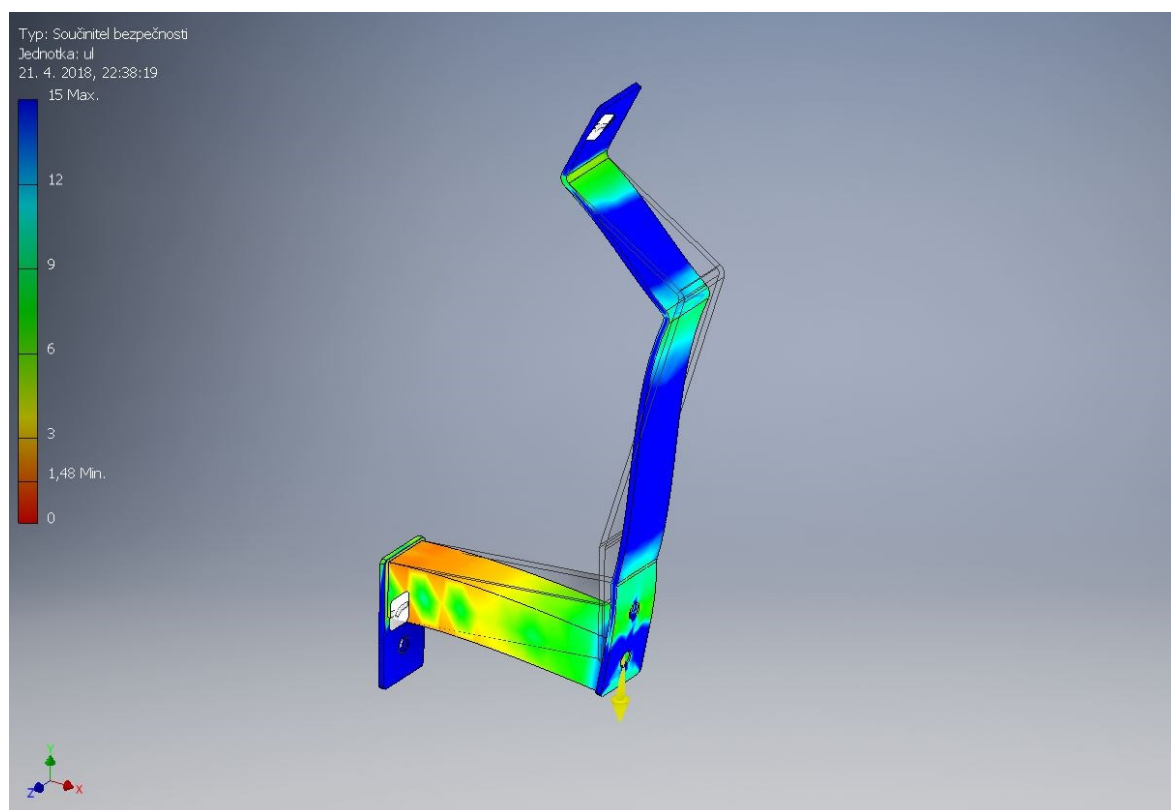
Výsledná zatěžující síla F_u , která působí svisle dolů, byla umístěna do modulu MKP, který se nachází v software Inventor. Hlavním výstupem simulace bylo maximální napětí, zjištěné posuvy a bezpečnost. Maximální dovolené napětí je dáno R_e materiálu. Pokud by se jednalo o ocel 11 500, maximální napětí by nemělo přesáhnout 275 MPa. U posuvu by se hodnoty měly pohybovat maximálně do 1 mm. Výsledné hodnoty jsou vidět na obr. 39 a 40. Z nich je patrné, že hodnoty jsou pod požadovanými mezemi bezpečnosti. Dalo by se tedy dále uvažovat o optimalizaci, která by například mohla snížit množství použitého materiálu. Maximální napětí je **140 MPa**, maximální posun v ose **Y 0,4 mm** a bezpečnost se pohybuje v rozmezí **2,5 - 15**, přičemž minimum je zaznamenáno na hodnotě **1,5**.



Obr. 39 - Maximální napětí



Obr. 40 - Posun v ose Y (svisle)



Obr. 41 - Bezpečnost



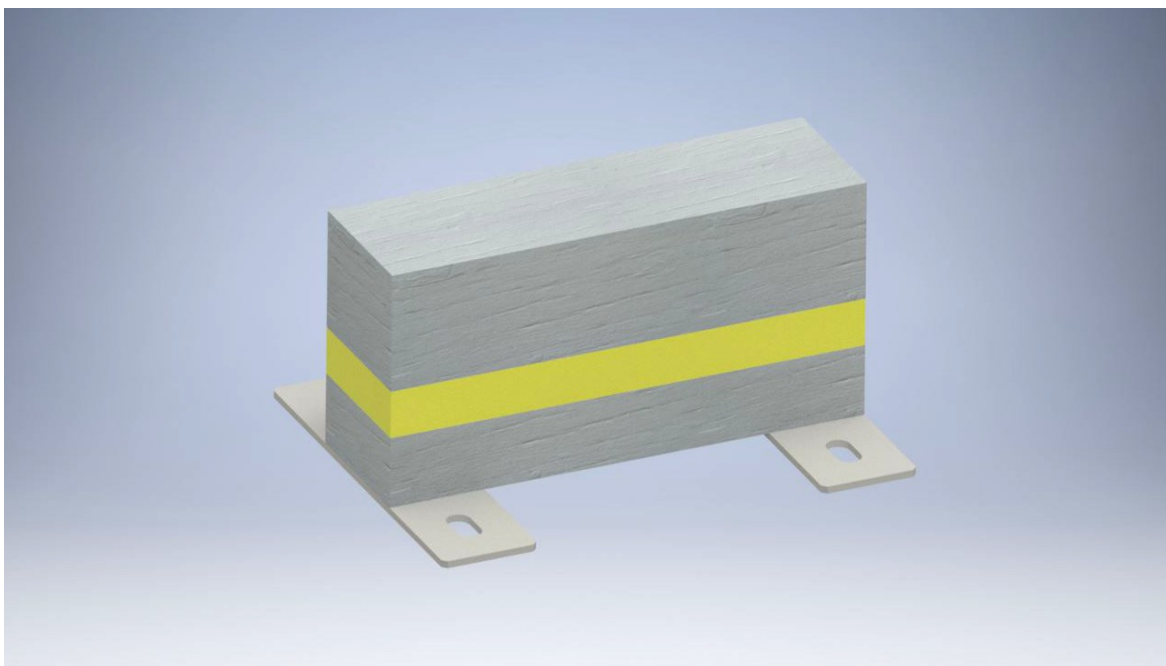
Obr. 42 - Police v interiéru

6.2 Uložení podlahy

Hlavním materiálem při konstrukci podlahy je dřevo. Podlaha samotná je vyrobena z dřevěných desek, které jsou vyrobeny přesně dle požadavků. Jedná se o druh překližek, které jsou spojeny do "sandwitche" s jinými materiály, které napomáhají zlepšení výsledných vlastností. Například vrstva korku nebo olova, která funguje jako tlumení vibrací. Takové podlahy se používají například v oblasti podvozků vozu.

Podlaha je uložena na dřevěných hranolech, které jsou opět zhotoveny jako "sandwich". Tentokrát se mezi dvěma dřevěnými bloky nachází jak tlumivá část pryž. Ta je na obr. 43 vidět uprostřed, jako žlutá část bloku. Ve spodní části je celý blok přilepen na dvě kovová uchycení. Pomoci nich se celek zakotví do podlahy pomocí nýtů. Podlaha je po položení přišroubována do těchto bloků za pomoci vrutů.

Vzhledem k normám, jež definují bezpečnostní požadavky, je nutno dřevěné prvky impregnovat látkou, která zabraňuje případnému hoření. Jedná se o nátěr, jež na dřevu vytvoří bílý povrch. Desky podlahy pak můžou být polepeny ochrannými fóliemi atp. Na pochozí část podlahy se ve finále pokládá linoleum, které je navrženo tak, aby se kdykoli dala dle potřeby některá jeho část vyměnit za novou.



Obr. 43 - Blok uložení podlahy

6.3 Uložení vozových příček

Vozové příčky jsou většinou zhotoveny z dřevěných desek. Tyto desky je třeba ve skříni pevně zafixovat. Upevnění příček se provádí pomocí speciálních uchycení. Jedná se o malou svařenou komponentu, která je doplněna dvěma silentbloky. Ty tlumí vibrace, které při provozu vznikají a eliminují jejich přenos do vozové příčky. Tato uchycení se pak pomocí nýtů připevní do vozové skříně.

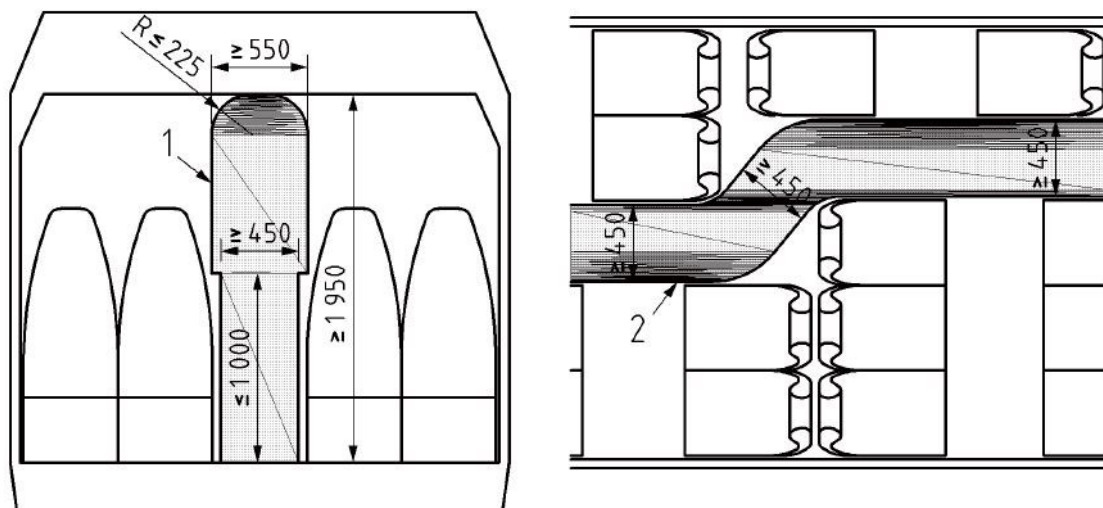
6.4 Sedadla

Sedadla jsou použita od českého výrobce BORCAD. Tento český výrobce sedadel pro kolejovou techniku disponuje mnoha typy sedadel, které se liší dle možnosti jejich využití. Od jednoduchých sedadel přes lůžkové úpravy až po extra komfortní rozkládací křesla. U výrobce je možno objednat různé varianty námi vybraného sedadla. Ať už se jedná o jedno sedadlo, dvojsedadlo, přes rozmístění područek až po instalaci stolků.

Pro mé účely jsem vybral sedadlo s názvem *Regio+*, jelikož v době výběru to byla nejvhodnější volba. Sedadlo *Comfort* je sice pohodlnější, ovšem díky rozměrům není možné umístění do velkoprostorového oddílu v tomto voze. Při výběru byl kladen důraz na komfort spolu s rozměry sedadel. Rozměry jsou důležité, jelikož norma TSI říká, jaké

minimální rozměry musí splňovat ulička ve voze. Rozměry průchozího profilu jsou vidět na obr. 44.

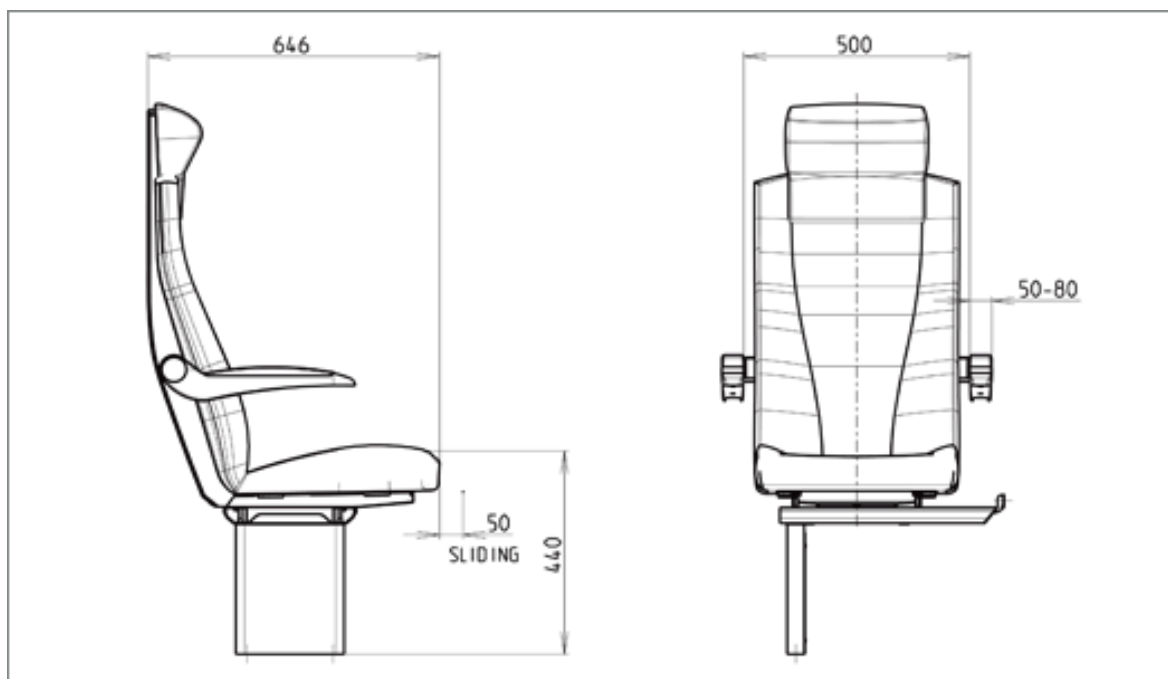
Minimální šířka průchozího profilu od podlahy do výšky 1 000 mm



Obr. 44- Minimální průchozí profil uličky dle TSI ²

V mém případě je šířka uličky v intervalu 0 - 1 000 mm od podlahy **510 mm**, nad 1 000 mm je to **620 mm**. Dalo by se rozdílu mezi mými hodnotami a minimálními hodnotami dle TSI využít pro zlepšení komfortu z pohledu šířky sedadel. Na druhou stranu je širší ulička výhodná pro pohyb v ní s rozměrnými zavazadly.

Sedadlo je nakresleno dle dostupných podkladů z webové stránky firmy BORCAD. Použitý náčrt je možno vidět na obr. 45 a výsledný 3D model pak na obr. 46.



Obr. 45 - Náčres sedadla Regio+⁵

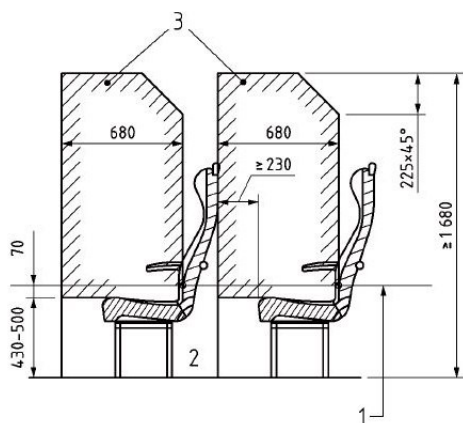


Obr. 46 - Vymodelovaná sedadla

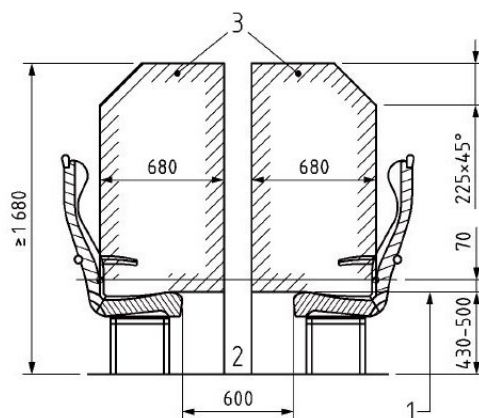
Jako další podstatný faktor při skládání sedadel do interiéru se považují rozestupy sedadel za sebou. Tyto rozestupy jsou opět vázány na normu TSI a dělí se na dva typy:

- sedadla za sebou - vzdálenost mezi hranou sedadla a sedadlem před ním je minimálně 230 mm ²,
- sedadla proti sobě - vzdálenost mezi hranami sedadel je alespoň 600 mm ².

Vyhrazená sedadla v uspořádání za sebou



Vyhrazená sedadla v uspořádání proti sobě



Obr. 47 - Rozestupy sedadel dle TSI ²

6.5 Bezbariérový přístup

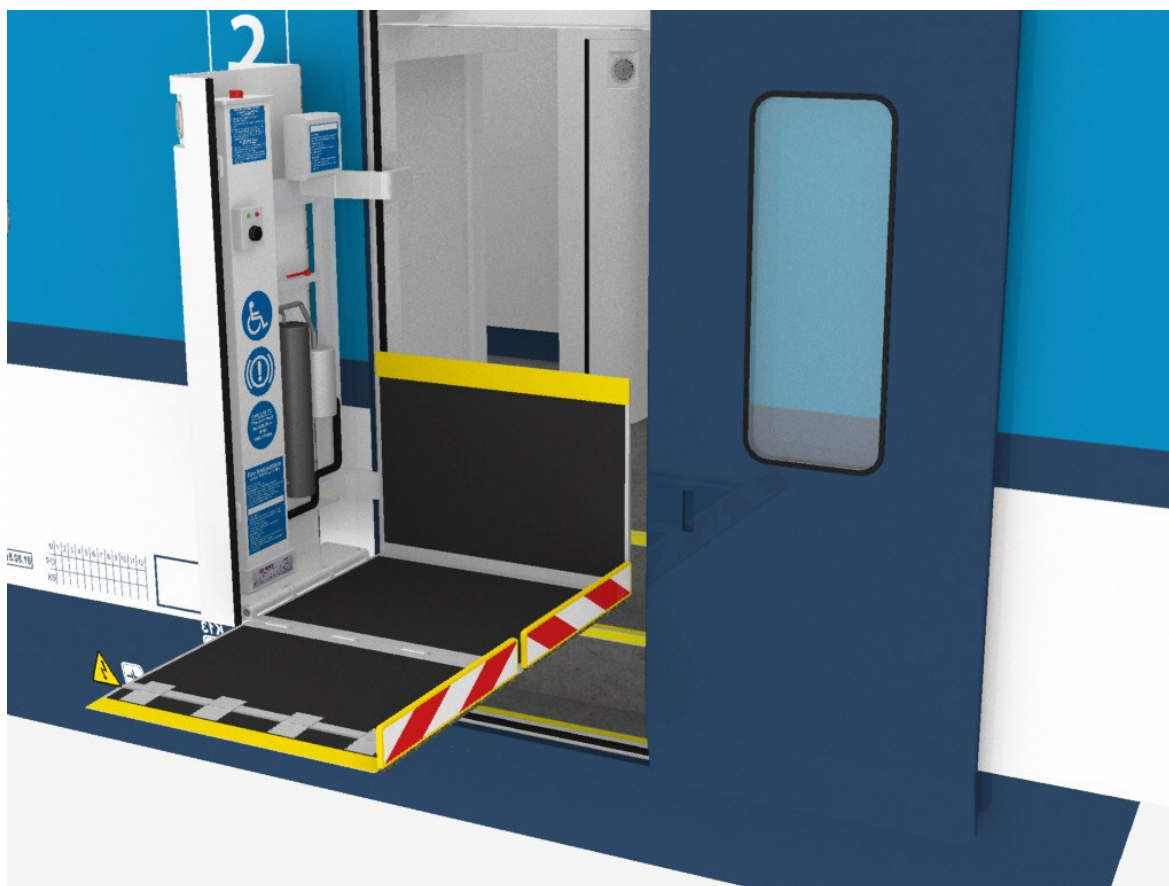
Jedním z požadavků, které musí vůz splňovat, je možnost přepravy handicapovaných cestujících, jenž jsou odkázáni na pohyb za pomoci invalidního vozíku. Způsob přepravy cestujících na vozíku se odlišuje dle typu vozu. U nízkopodlažních jednotek a patrových vozů, kde se výška podlahy shoduje s výškou nástupiště, je situace relativně jednoduchá. Problém nastává u vozů, které mají podlahu nad úrovní nástupiště. Zde musí být vůz vybaven plošinou, která dokáže cestujícího i s vozíkem vyzvednout do vozu.

Vzhledem k rozměrům vstupních dveří (900 mm) byl použit systém firmy PALFINGER. Jedná se o plošinu, která se dokáže složit do minimálních rozměrů a po složení tvoří stěnu příčky vozu. Při rozložení poskytuje plnohodnotnou funkci a pohodlně dopraví cestujícího přes výškový rozdíl mezi nástupištěm a podlahou vozu. Její praktičnost využila například i společnost SIEMENS na svých jednotkách Railjet. Pohled na skutečnou plošinu zachycuje obr. 48.

Plošiny jsou umístěny ve vstupních dveřích, které se nachází poblíž střední části vozu. Umístění dveří mimo představek vozu bylo popsáno v kapitole 3.1. 3D model rozložené plošiny je možno vidět na obr. 49.



Obr. 48 - Plošina PALFINGER



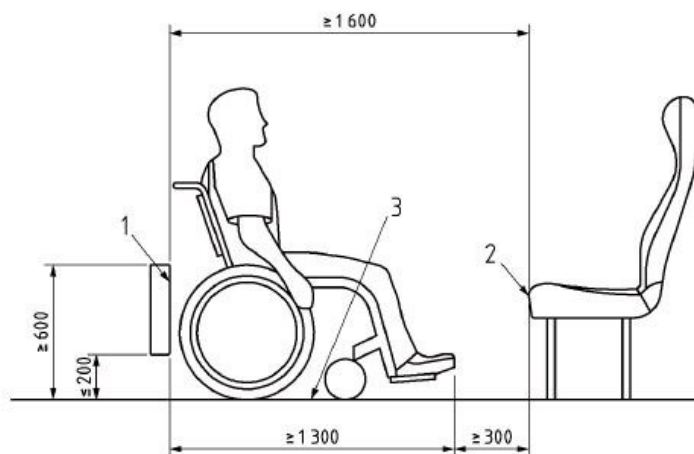
Obr. 49 - Rozložená plošina v modelu

Vybavení interiéru, kde se budou cestující na vozíku pohybovat, musí splňovat normou dané předpisy. Jedná se především o minimální rozměry, které musí dané konstrukční celky splňovat. Za hlavní se dá považovat minimální průchozí profil, který je možno vidět na obr. 51 a rozměrová specifikace místa pro vozíčkáře. Tu zachycuje obr. 50.

Vlak musí být dle normy TSI vybaven dvěma místy pro invalidní vozíky. Vzhledem k možnostem je vhodné obě místa zařadit do jednoho vozu. Tato místa se nachází hned u vstupu do prvního oddílu. Po každé straně se zde nachází jedno místo, přičemž konstrukci za místem pro invalidní vozík (položka č. 1 na obr. 50) tvoří sklopné sedadla. Ty lze využít jako místo pro sezení v případě, kdy není přepravován cestující na invalidním vozíku. Tím se kapacita navýší o dvě místa na sezení. Prostor mezi sedadly lze taktéž využít pro přepravu rozměrnějších zavazadel.

V neposlední řadě je třeba myslet i na bezbariérový přístup invalidů na toalety. Z tohoto důvodu je do vozu umístěno jedno WC, jen disponuje bezbariérovým přístupem. Je umístěno ve střední části vozu, poblíž míst, které jsou vyhrazeny pro invalidní vozíky. Bližší pojednání o toaletách lze nalézt v kapitole 5.1 .

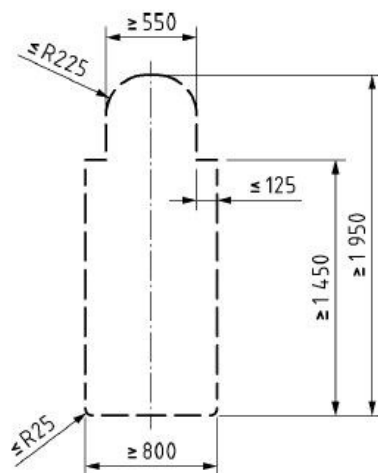
Místo pro invalidní vozíky v uspořádání míst proti sobě



- 1 Konstrukce za místem pro invalidní vozík
- 2 Přední okraj čalounění sedadla pro cestujícího
- 3 Místo pro invalidní vozík

Obr. 50 - Rozměrová specifikace místa pro invalidní vozíky ²

Minimální průchozí profil cesty k místům pro invalidní vozíky



Obr. 51 - Minimální průchozí profil pro invalidní vozík²

Hlavní rozměry míst pro invalidní vozíky a rozměry průchozích profilů lze najít v příložené výkresové dokumentaci (typový výkres).

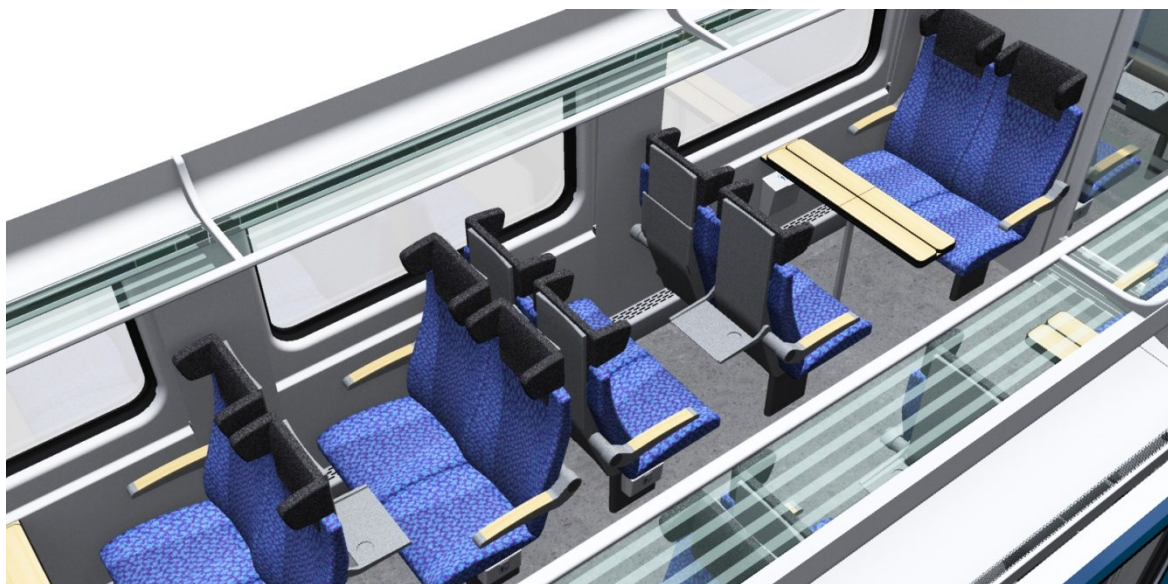
6.6 Ostatní

Uspořádání interiéru umožňuje u některých sedadel umístit pevné stolky, jejichž plocha se dá zvětšit jejich rozložením. Jejich výhoda je teda ve větším prostoru v případě, že stolek nevyužíváme. V ostatních případech jsou k dispozici malé sklopné stolky instalované na zadní části předchozího sedadla.

Další důležitou součástí jsou koše na odpadky. Objem odpadkových košů je dán normou. V praxi se používá u sedadel alespoň 1,5 litru, v nástupních prostorách 15 litrů. Koše jsou u dvojsedadel umístěny na noze sedadla a v případě čtyřsedadla je pak koš umístěn na stěně pod stolkem. V nástupních prostorách jsou koše zabudovány do stěny vozu z důvodu úspory místa.

Vůz je také vybaven informačními panely, které se nacházejí na příčkách vozu. V dnešní době je trend zabudovávat tyto informační panely přímo do sedadel. Je tedy možno tak učinit, čímž se zlepší komfort pro cestující. Takto zabudované informační panely také mohou poskytovat daleko více informací. Nechybí u nich i USB port vhodný k nabíjení přenosných zařízení.

V neposlední řadě nechybí ani síť na 230V, jejíž zásuvky se nacházejí poblíž sedadel cestujících. Většinou pod sedadlem. Celý vůz je také pokryt sítí WiFi, která je v dnešní době brána jako standard.



Obr. 52 - Detail interiéru

7 Návrh exteriéru vozu

Podvozky vozu hrají ve voze velmi důležitou roli. Jejich kvalita nejvíce ovlivňuje komfort při cestování. Čím lepší vypružení, tím větší je pohodlí při cestování. Špatný pojezd tak degraduje sebelíp navržený vůz.

7.1 Podvozky

Podvozky tvoří jeden z nejdůležitějších uzlů celého osobního vozu. Odvíjí se od nich jízdní vlastnosti vozu a v neposlední řadě i komfort při cestování uvnitř něj.

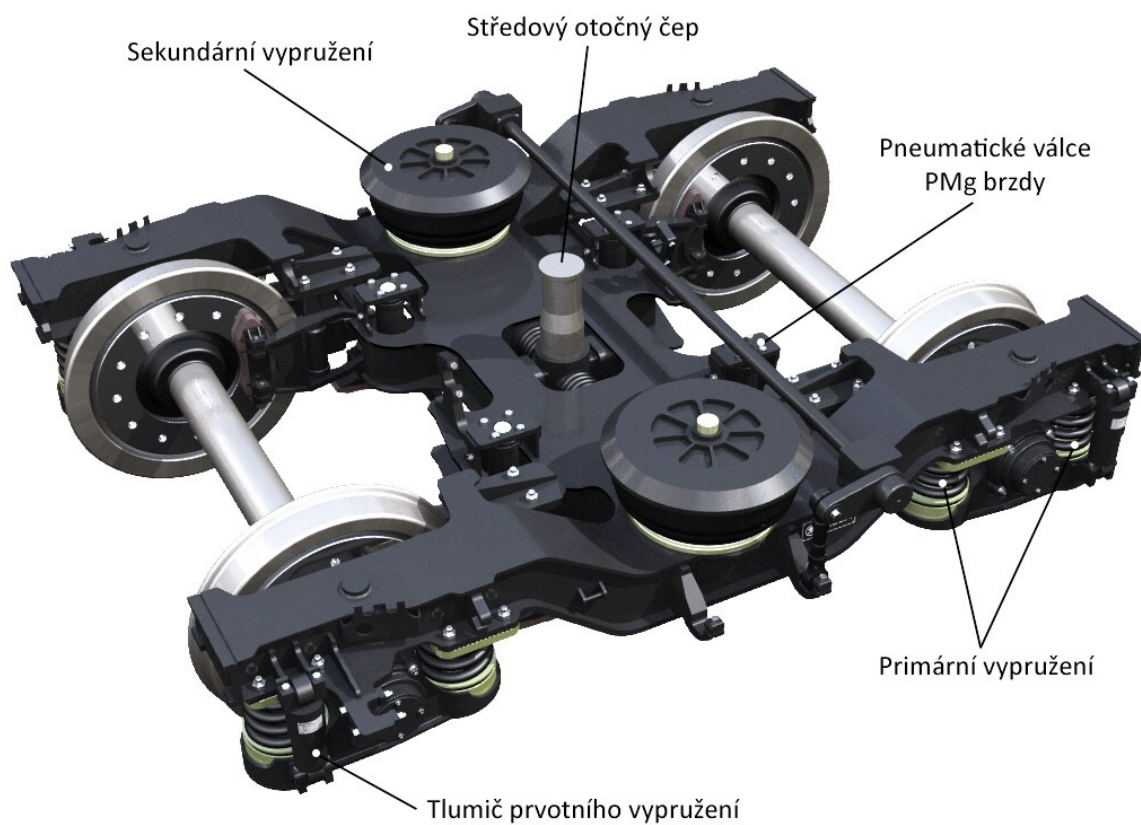
Podvozek pro vůz je řešen koncepčně. Je použit podvozek od Škody Transportation, jenž je možno vidět například na jednotkách řady 440 /660 (Regio Panter / Inter Panter). Při realizaci projektu by však muselo dojít k přepracování jeho částí a homologaci na vyšší rychlosti. Konstrukčně se však dá považovat za vhodný pro umístění do mého expresního vozu.

Konstrukce podvozku má několik výhod. Je složen z hlavního rámu tvaru H, který nese veškeré vybavení, a příčnicku, ke kterému je připojen přes středový čep. Mezi rámem a příčníkem se nachází dvě vzduchové pružiny, které slouží jako tzv. sekundární vypružení. Primární vypružení je umístěno přímo na nápravě v místě ložiskových domků. Je tvořeno pružinami, přičemž se jedná o 2 až 3 pružiny v sobě. Jedná se mimo jiné o bezpečnostní prvek, který se využívá při únavových poruchách hlavních pružin. Tlumení zajišťuje řada tlumičů.

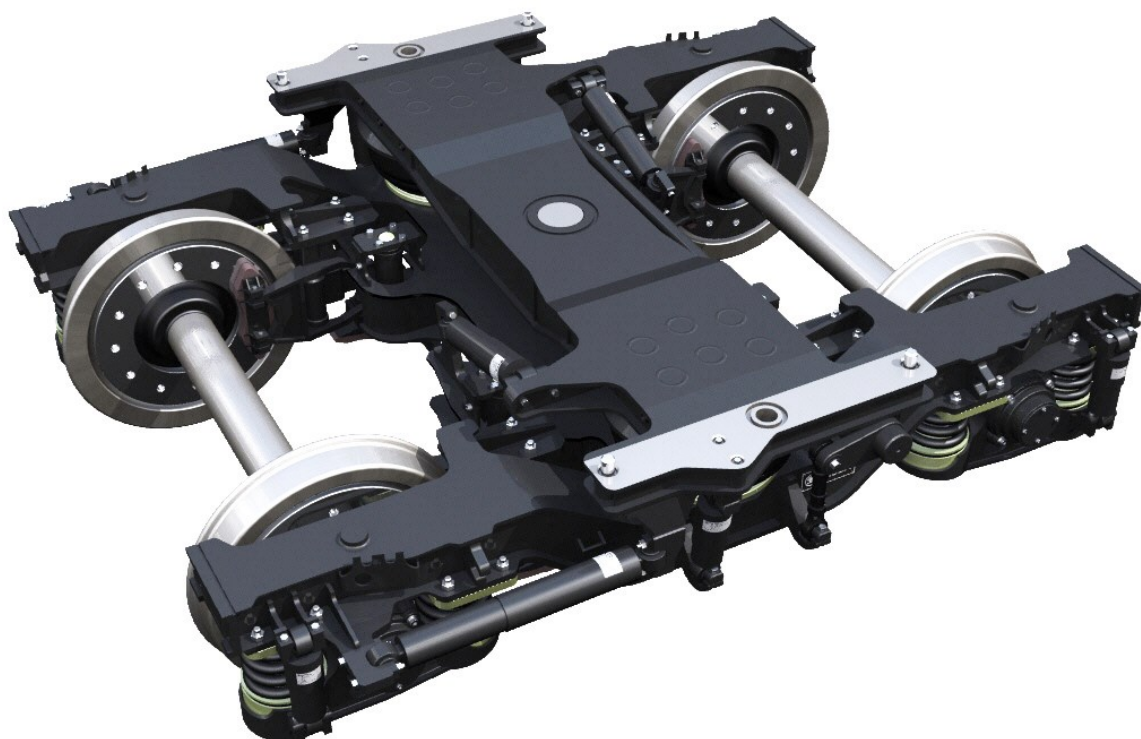
Podvozek je vybaven řadou brzdících systémů. Mezi hlavní patří kotoučové brzdy, které jsou umístěny přímo v kolech jednotlivých dvojkolí. Dále je zde pružinová parkovací brzda a magnetická brzda PMg. Brzdový systém vozu bude podrobně rozepsán v kapitole 7.2 .

Výhodou tohoto typu podvozku je fakt, že veškerá kinematika a dynamiky je řešena jen a pouze v rámci tohoto uzlu. Je to dáno tím, že pohyby podvozku jsou vázány na příčník, vůči kterému jsou počítány a tlumeny. Samotný příčník je pak vůči skříni statický a je pouze přichycen pomocí čepů a šroubů. Odpadá tak starost, kdy je sekundární vypružení vázáno na skříň vozu, čímž se situace a výpočty více komplikují.

3D model podvozku byl vyhotoven dle podkladů získaných ve firmě Škoda Vagonka.



Obr. 53 - Popis hlavních částí podvozku



Obr. 54 - Celkový pohled na podvozek

7.2 Brzdový systém vozu

Ve voze se dle zkušeností z dosavadní výroby nachází brzdová výzbroj DAKO, kde je hlavní brzdný účinek zajištěn brzdovými kotouči. Hlavní brzdící systém je založen na bázi elektro-pneumatické. To znamená, že jsou vozy propojeny standardně hadicemi se vzduchem, ale navíc i speciálními elektrickými kabely, které předávají impuls k brzdění rychleji, než je změna tlaku v samotném pneumatickém okruhu. Tento princip brzdného systému navíc poskytuje další výhody s ním spojené. Jedná se například o zajištění rovnoměrného brzdného účinku na všech nápravách vozu/soupravy. Dále lze brzdu regulovat dle aktuálního obsazení vozu. Systém je řízen ovládacím zařízením umístěným ve voze. Dále se v něm nachází komponenty, jako jsou rozvaděče a elektro-magnetické ventily a vzduchojemy. Ty jsou umístěny ve spodní části vozu.

Na voze se nachází hned několik typů brzd. Od sebe se liší dle jejich využití. Rozdělit se dají následovně:

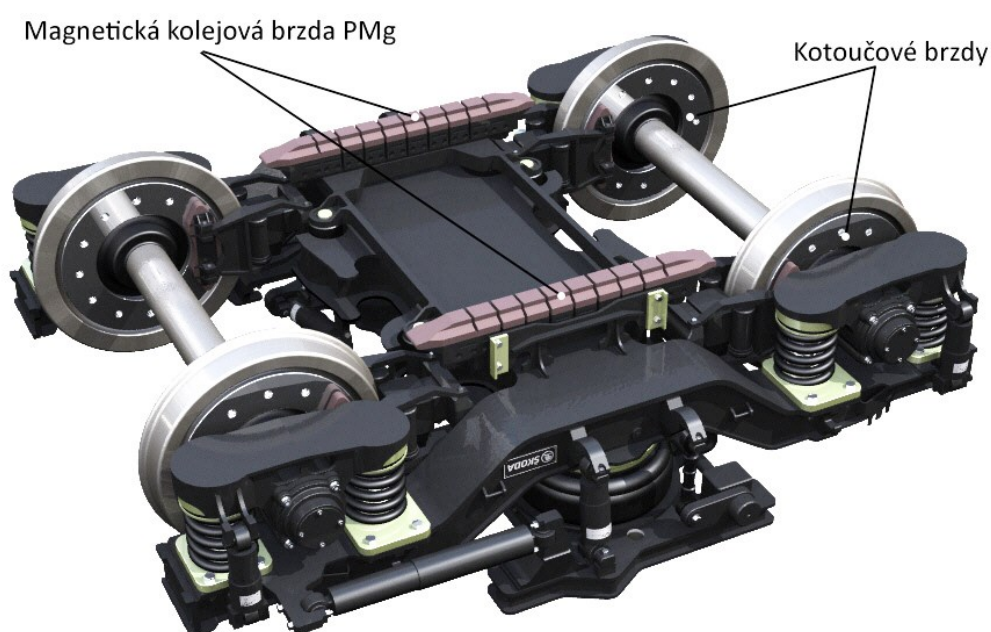
- brzda elektro-pneumatická (nejvíce využívaná brzda při provozu),
- elektricky ovládaná parkovací pružinová brzda (na obou podvozcích),
- záchranná brzda (ovládaná pomocí táhel),
- magnetická kolejová brzda PMg,
- protismykové zařízení DAKO - dle UIC 541-5 (monitorováno řídicím systémem).

Veškeré mechanické části, které se přímo podílejí na brzdění, jsou uloženy v podvozcích vozu. Hlavní brzdý účinek zajišťují brzdové kotouče. Ty jsou umístěny na dvojkolích mezi koly nebo jsou součástí kol. Většinou jsou chlazeny proudícím vzduchem při pohybu vozidla. Nachází se zde taktéž parkovací brzda, která bývá v pružinovém provedení.

Zvláštní kategorií jsou magnetické brzdy kolejnicové - PMg. Jedná se o permanentní magnety, které jsou upevněny na nosné konstrukci, kterou je možno vidět u moderních kolejových vozidel nad kolejnicí mezi koly podvozku. Tato konstrukce je zavěšena na hlavním rámu podvozku a ovládána pneumatickými válci. Těmi je v případě potřeby spouštěna na temeno kolejnice. Po aktivaci již brzda nevyžaduje žádnou energii. Zvedání se děje opět pomocí pneumatických válců. V situaci, kdy v pneumatickém okruhu není

dostatek vzduchu a není tak možno PMg zvednout zpět, lze tak provést pomocí speciálního přípravku manuálně.

Magnetická brzda PMg se využívá v různých případech. Jako první využití se jedná o rychlobrzdu nebo záchranná brzdu. V nouzové situaci se PMg spouští a zlepšuje brzdný účinek, čímž klesá i brzdná dráha. Dále je možno ji využít jako brzdu parkovací. V takovém případě musí být schopna zajistit obsazený vůz po neomezený čas na spádu o velikosti 50‰. Při potřebě nouzového posunu vozu jej lze provádět i se spuštěnou PMg brzdou.



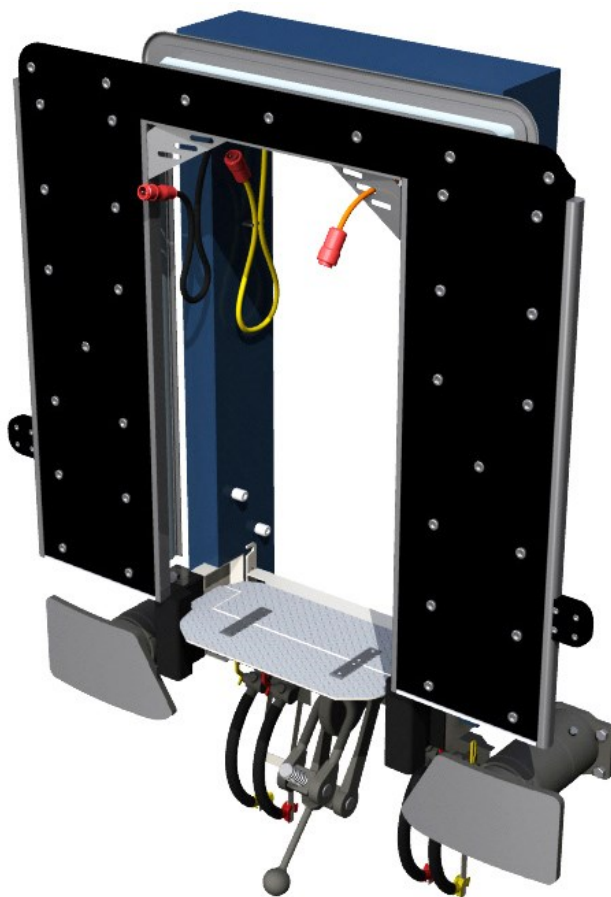
Obr. 55 - Umístění kotoučové a magnetické brzdy

7.3 Mezivozový přechod a spojovací zařízení

Mezivozový přechod je část vozu, umožňující přechod cestujících z jednoho vozu do druhého. Pro rychlosti do 160 km/h není třeba speciálních opatření. To však neplatí pro vysokorychlostní železniční vozy, kde se musí brát ohled především na tlakotěsnost vozu. Mezivozový přechod je místem, kde se musí tento problém řešit nejvíce, jelikož musí oddělit okolní prostředí od cestujících, který tímto průchodem prochází.

Jako vhodný přechodový prvek byl vybrán pro inspiraci již existující mezivozový přechod, který je aplikován například na ruských dálkových vozech typu WLAB. Přechod je zpracován dle patentu číslo RU 2506184, který je dostupný na webu ruského patentového úřadu ⁴.

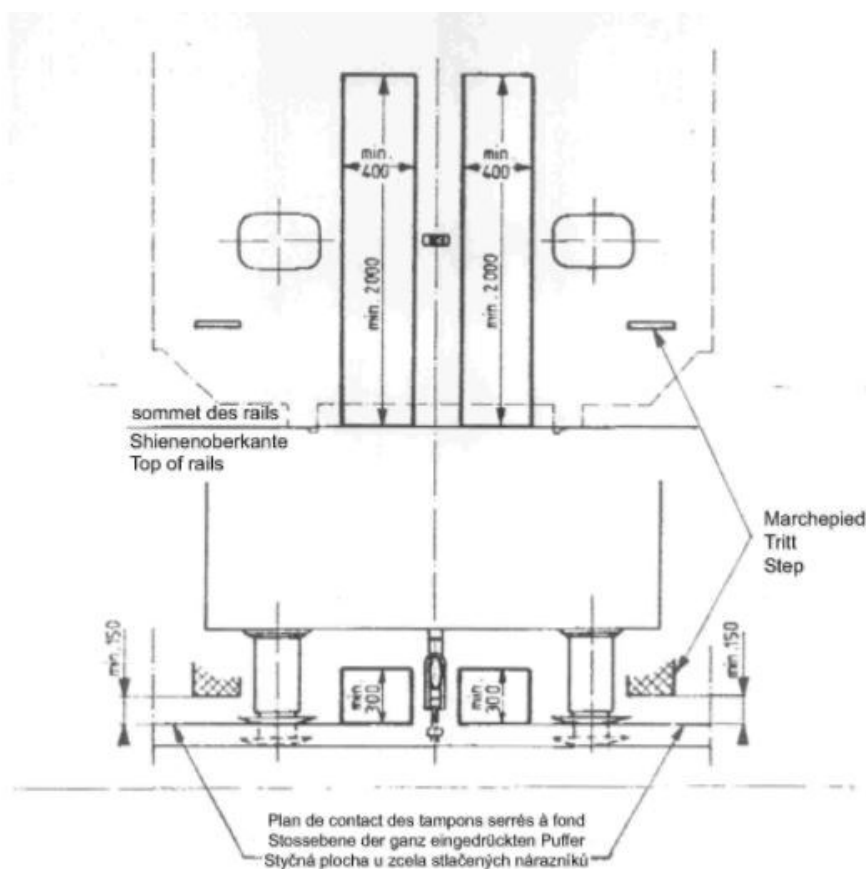
Tmavá čelní plocha je vyrobena z otěruvzdorného materiálu. Kontakt mezi dvěma plochami musí být natolik těsný, aby byla splněna požadovaná tlakotěsnost. Prostor mezi touto čelní plochou a skříní vozu je chráněn měchem, který obepíná pohyblivou konstrukci nesoucí jednotlivé části celé sestavy. Ve spodní části se nachází sklopný přechodový můstek, který se při propojení dvou vozů sklápí dolů a zajišťuje bezpečný průchod mezi vozy.



Obr. 56 - Mezivozový přechod

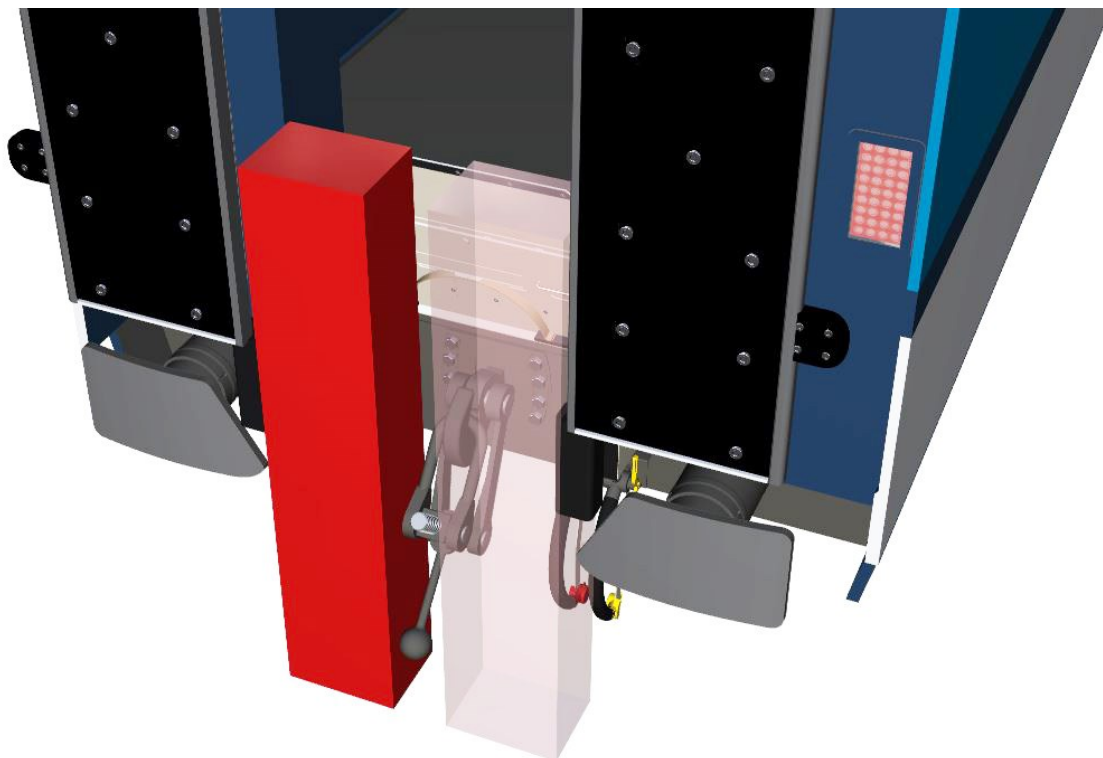
Tažné zařízení je tvořeno hákem a šroubovkou. Tažné zařízení je neprůběžné - tzn. je pružně uloženo do rámu vozidla, kterým se přenáší tažná síla mezi oběma háky vozidla. Rozměry a pevnostní parametry jsou určeny předpisy UIC. Háček je výkovek, jenž je dimenzován na sílu přetržení 1 MN. Samotná šroubovka je pak dimenzována na sílu

přetržení 850 kN. ³ Narážecí ústrojí (těž nárazníky) je zhotoveno dle podkladů firmy Škoda Vagonka a.s.



Obr. 57 - Schéma Bernského prostoru ¹

Důležitým faktorem při návrhu přechodu a nárazecího ústrojí je tzv. **Bernský prostor**. Je to prostor, který je definován kvádrem o průřezu minimálně 400 X 300 mm a výšce 2 000 mm. Tento kvádr definuje bezpečný prostor, který musí být zajištěn jako ochrana pro osoby pohybující se mezi nárazecím ústrojím - například v době spřažení soupravy. Při měření dostačujícího prostoru se předpokládá stav, kdy jsou nárazníky ve stlačené poloze ¹. Schéma Bernského prostoru lze nalézt na obr. 57 a aplikaci na diplomové práci na obr. 58.



Obr. 58 - Aplikace Bernského prostoru ve 3D modelu

7.4 Vnější dveře a nástupní prostor

Poslední a neméně důležitou částí každého osobní vozu jsou vstupní dveře a nástupní prostor. Tak jako ostatní části vozidla, i vnější dveře a nástupní prostor podléhá normám, které definují jisté parametry, které musí být dodrženy.

Obecně platí, že by vnější dveře měly být navrženy tak, aby umožňovaly rychlé a plynulé odbavení cestujících. Každý vůz by tedy měl disponovat ideálním počtem vnějších dveří (většinou 2 páry). Dle normy by tyto dveře měly mít **minimální použitelnou světlou šířku 800 mm**². V mém případě je minimální světlá šířka **910 mm** a to z důvodu možnosti odbavování handicapovaných osob pomoci plošiny, umístěné v prostřední části vozu. Důležitá je dle norem i barva dveří:

- **Vnější část** - „všechny dveřní vchody musí být barevně označeny tak, aby opticky kontrastovaly s boční stranou skříně vozu, která je obklopuje“²
- **Vnitřní část** - „umístění vnějších dveří musí být zevnitř vozu zřetelně vyznačeno pomoci opticky kontrastní podlahy v jejich blízkosti“²

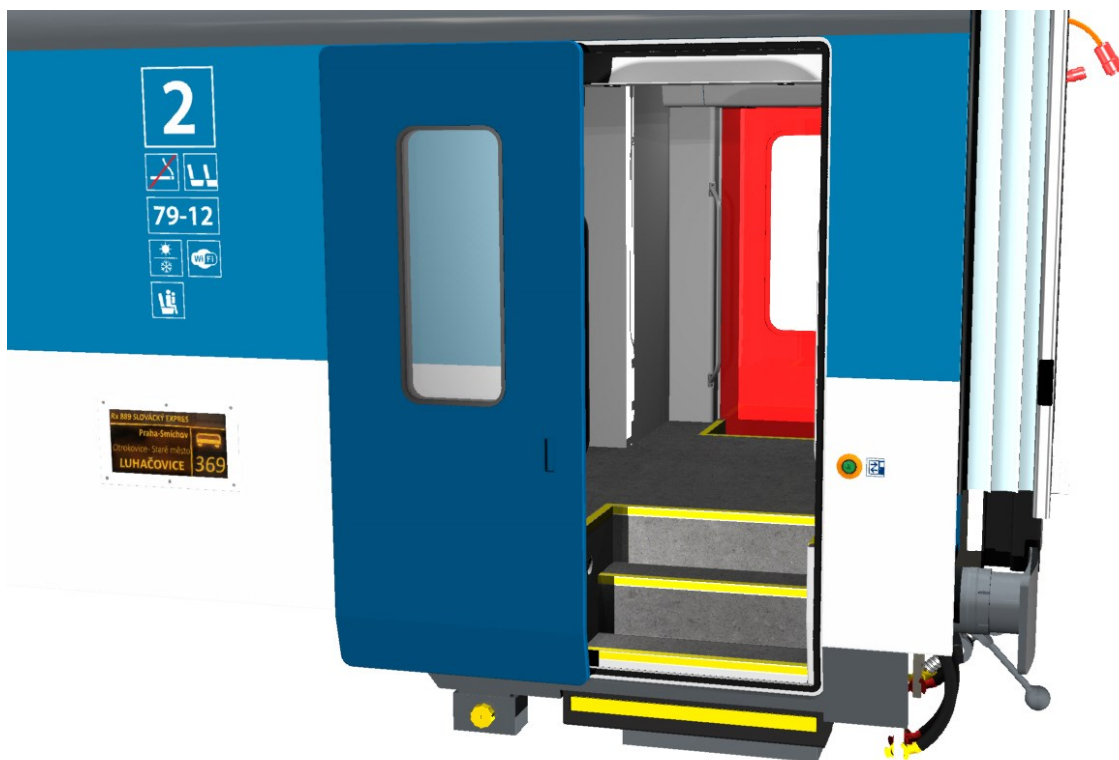
Na dveřích nebo vedle nich se nacházejí ovládací prvky. Ty musí být opět opticky kontrastní vůči podložce, na které jsou umístěny. Dále je nutné, aby bylo možno jejich jednoduché ovládání. Musí být možno je aktivovat dlaní ruky a to vynaloženou silou maximálně 20 N ². Umístění ovládacích prvků je opět svázáno s normou:

- **Vnější ovládání** - „*Střed vnějšího ovládacího zařízení, jímž se dveře otevírají a který lze aktivovat z nástupiště, nesmí být níže než 800 mm a výše jak 1 200 mm nad nástupištěm, měřeno svisle, a to na žádném z nástupišť, pro něž je vlak navržen.*“ ²
- **Vnitřní ovládání** - „*Střed vnějšího ovládacího zařízení, kterým se otevírají vnější dveře, musí být umístěn nejméně 800 mm a nejvýše 1 100 mm, měřeno svisle, nad úrovní podlahy vozu.*“ ²

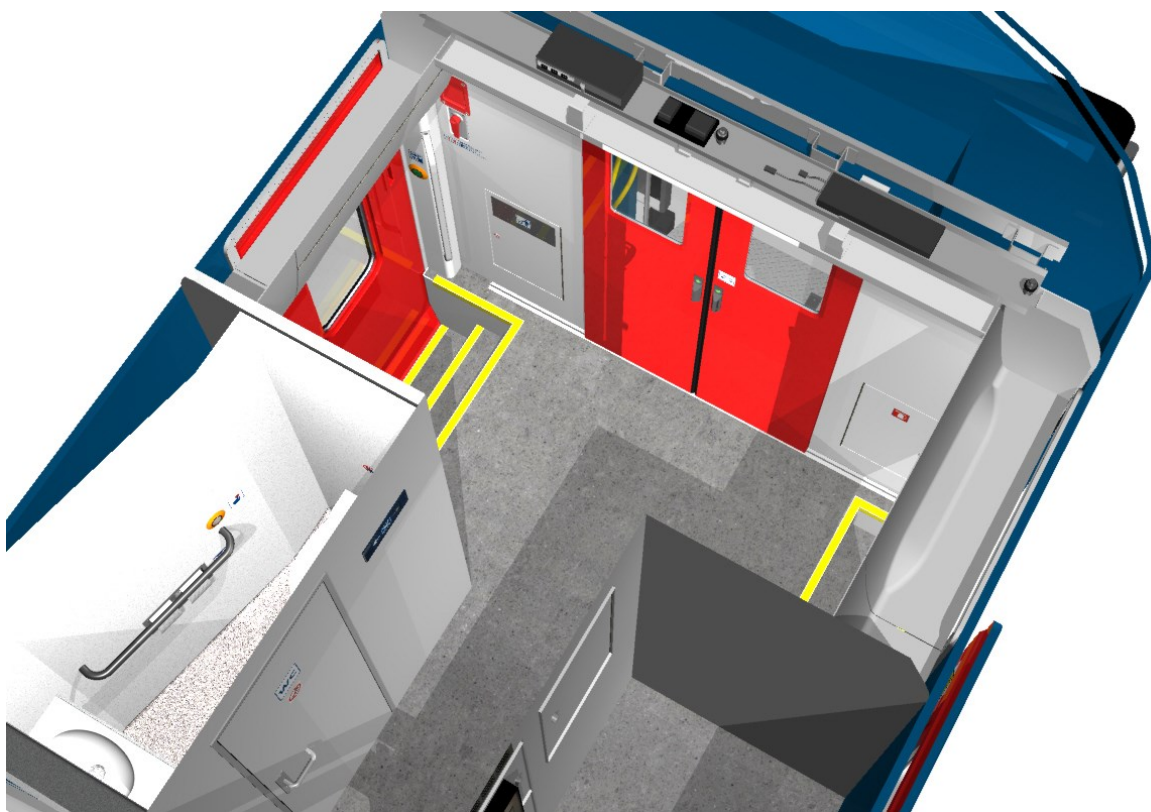
V mém případě se střed vnitřního ovládání nachází ve výšce 900 mm nad podlahou vozu. Ovládací prvky pak doplňují prvky akustické. Jedná se hlavně o výstražné signály, které doprovázejí otevírání či zavírání dveří. Délka a intenzita zvukového signálu je opět daná normou. Mimo jiné po boku dveří je umístěno nouzové otevírání dveří. Provedení je dvoustupňové. Osoba musí aktivovat oboje ovládací zařízení nouzového otevírání, aby bylo možno dveře nouzově otevřít. Nástupní prostor je dále vybaven madly, košem a hasicím přístrojem.

Vstupní prostor je proveden ve formě schodů. Základ je tvořen ohýbaným plechem, na který je poté aplikováno lino podlahy a výstražné optické kontrastní prvky indikující nebezpečný prostor. V místě vstupu je zabudováno osvětlení - jedno LED osvětlení v bočnici schodiště, dvě LED osvětlení se nachází v krytu mechanické části v horní části vstupního prostoru. K nástupu pak napomáhá výklopný schůdek, který zajišťuje bezpečný a pohodlný nástup v prostoru mezi nástupištěm a prvním schodem uvnitř vozu. Rozměry výklopného schůdku musí opět souhlasit s normami. Musí být minimalizováno riziko velké mezery mezi nástupištěm a nástupním prostorem vozu, které může mít za následek například pád cestujícího do prostoru mezi nástupištěm a vozem.

Vnější dveře jsou navrhnuty dle předem stanovených rozměrů. Mezi hlavní patří již zmíněná světlá šířka 910 mm. Ostatní rozměry byly navrhnuty dle poskytnutých materiálů, které popisovaly již existující dveře.



Obr. 59 - Nástupní prostor



Obr. 60 - Nástupní prostor - interiér

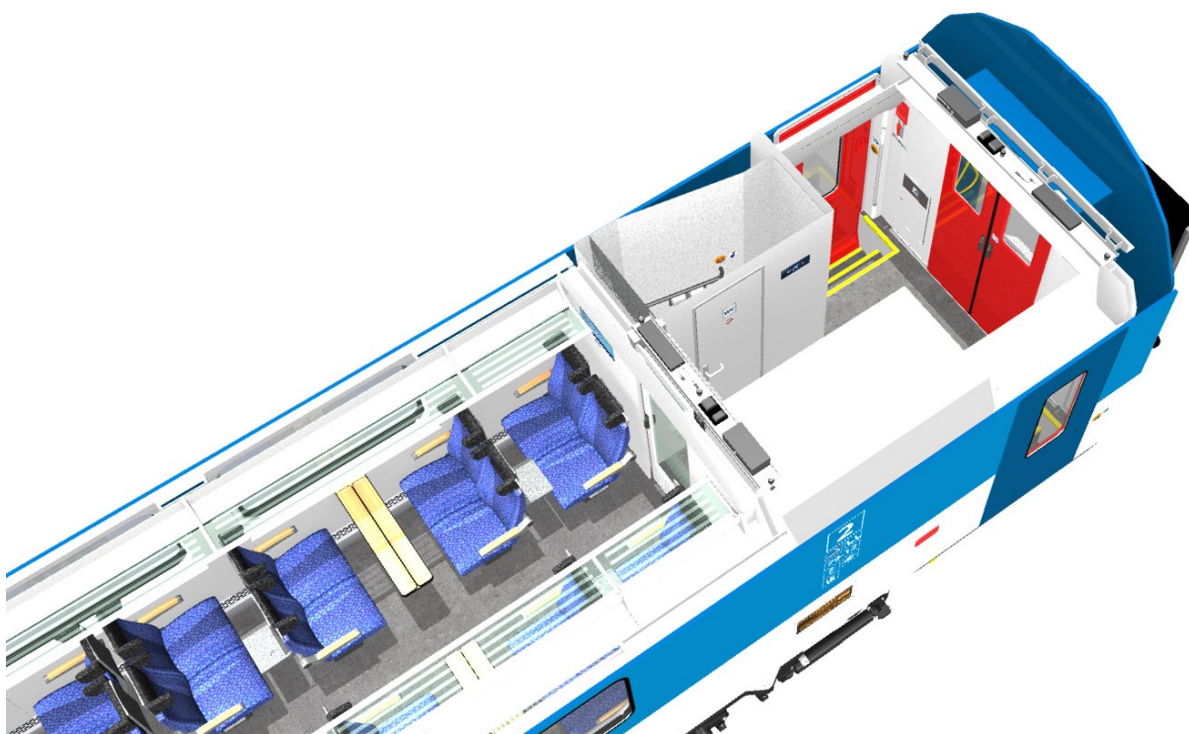
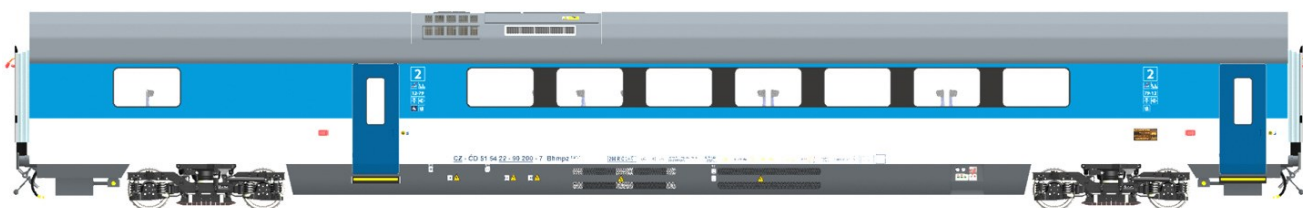
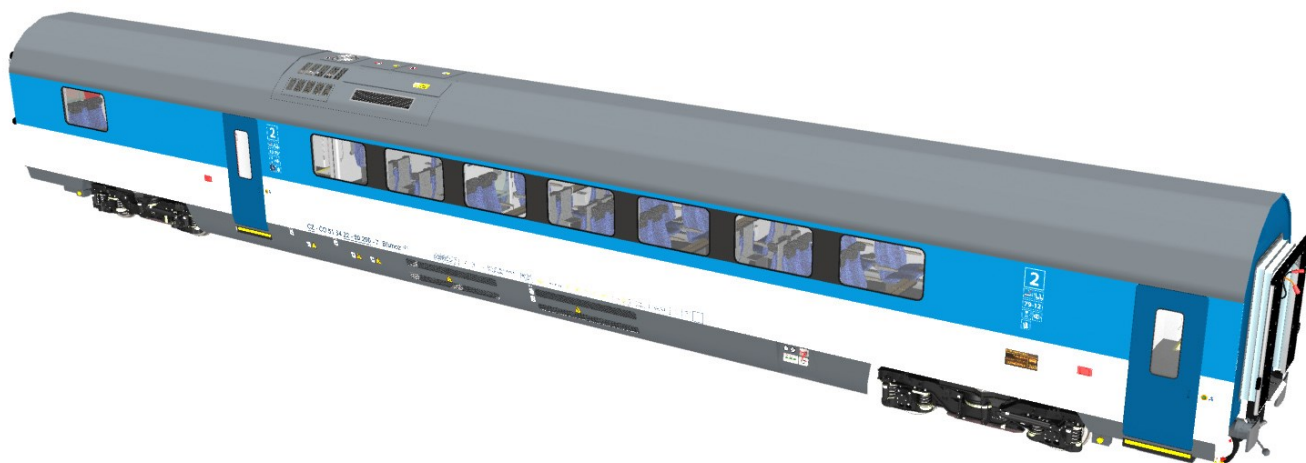
8 Závěr

Cílem diplomové práce bylo vytvořit vysokorychlostní expresní vůz dle zadaných parametrů, které byly zmíněny v úvodních kapitolách. Navrhnutý vůz splňuje všechny zadané požadavky s výjimkou požadavku na počet míst. Ten zněl, že vůz musí mít kapacitu alespoň 70 míst k sezení. Výsledný počet míst navrženého vozu je však 68 míst. Po konzultaci se však zdá, že je tento počet bohatě dostačující. Tím se tedy dají považovat všechny body požadavků za splněné.

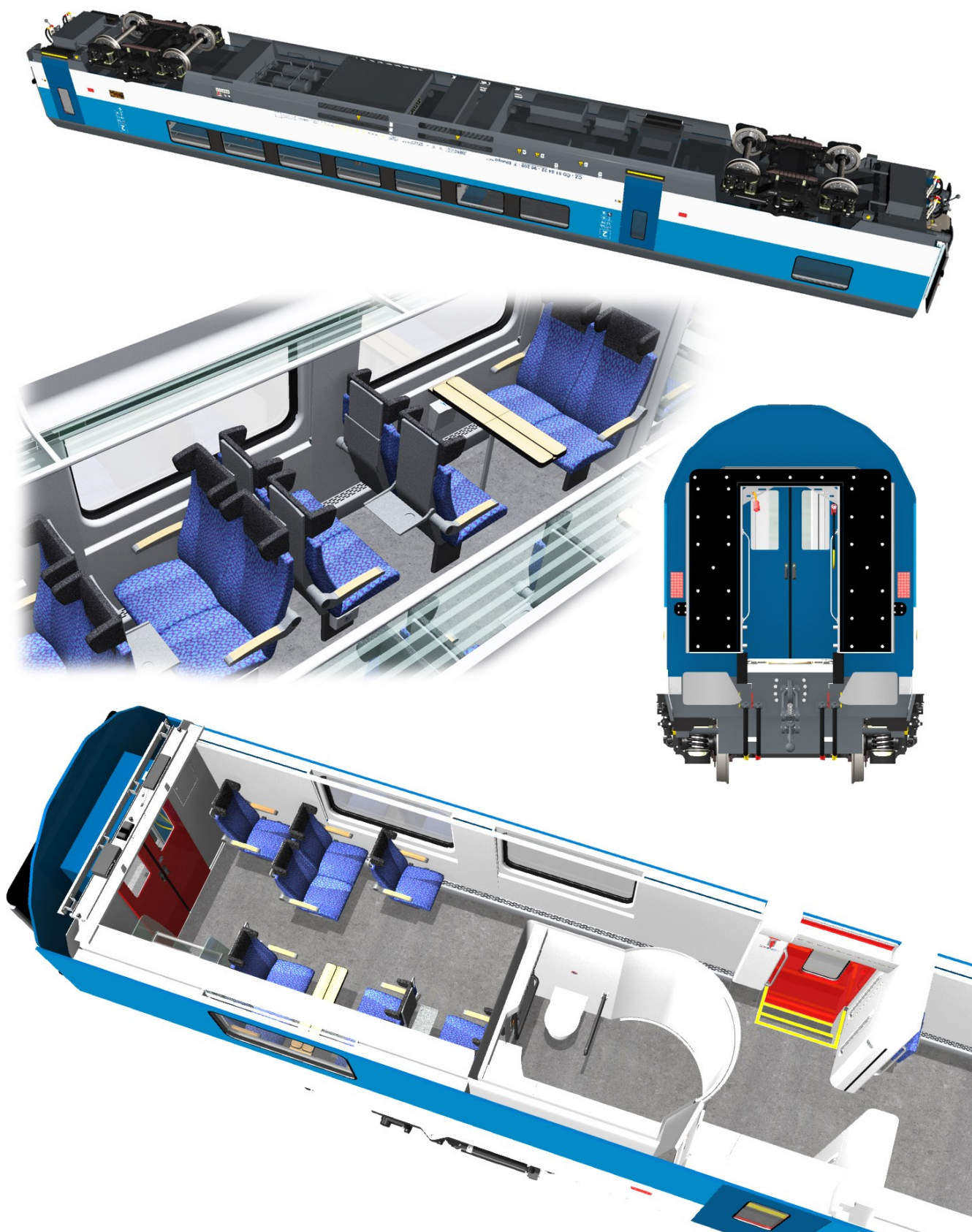
Z pohledu zpracování diplomové práce se jedná o koncept, který je třeba dále rozvinout a propracovat. Ať už se jedná o detailní konstrukce jednotlivých uzlů vozu, tak jejich pevnostní výpočty. Jedním z hlavních pevnostních výpočtů je MKP vozové skříně, které v práci nebylo provedeno z důvodu jeho vysoké náročnosti na čas a HW.

Samotná konstrukce vozu umožňuje další úpravy vozu, dle budoucích požadavků. Jednoduchou úpravou lze z vozu udělat klasický vůz bez podpory přepravy invalidních vozíků, kdy se prostřední dveře přesunou do klasické polohy na konec vozu. Z vozu se pak stane typický velkoprostorový vůz. V případě potřeby lze také realizovat uspořádání do kupé. Jak však vyplynulo z prvotní analýzy uspořádání interiéru, tato varianta uspořádání vozu má značný dopad na počet míst ve voze. Počet míst bude daleko menší než v případě velkoprostorového uspořádání.

Celá práce probíhala v poklidném tempu, jelikož byla zřejmá její časová náročnost. Začátek zpracování tedy odpovídal tomuto faktu a tak zpracování této diplomové práce trvalo 1,5 roku. Z osobního hlediska byla splněna očekávání od této diplomové práce a to v podobě návrhu vlastního osobního vozu, který odpovídá zadání, normám a jiným standardům.



Obr. 61- Pohled na hotový vůz



Obr. 62 - Pohled na hotový vůz

9 Citace

- [1] TSI 2006/861/ES. *TSI - "Kolejová vozidla - nákladní vozy" transevropského konvenčního železničního systému*. Evropský parlament a Rada, 2009.
- [2] Nařízení komise EU č. 1300/2014. *TSI - týkající se přístupnosti železničního systému pro osoby se zdravotním postižením a osoby s omezenou schopností pohybu a orientace*. Evropský parlament a Rada, 2014.
- [3] MÜLLER, Jaroslav, Jan FAMFULÍK a Josef PALEČEK. *Mobilní prostředky a trakční zařízení*. 2. díl. Přepřac. a dopl. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2002. ISBN 80-248-0054-3.
- [4] GOEBELS, Andre, Hans Werner REITZ. *Přechodové rozdělení mezi dvěma železničními jednotkami* [online]. Německo, 2011 [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <http://www.freepatent.ru/images/patents/504/2506184/patent-2506184.pdf>. Patent.
- [5] BORCAD. *Vlakové sedadlo REGIO+* [online]. ©2012 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <http://www.borcad.cz/vlakove-sedadlo-regio-plus/>
- [6] UIC 563. *Hygienická zařízení osobních kolejových vozidel*. 8. vyd. Informativní překlad. Německo, 1990.
- [7] ČSN EN 12663-1+A1. *Železniční aplikace - Pevnostní požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel - Část 1: Lokomotivy a vozidla osobní dopravy (a alternativní metoda pro nákladní vozy)*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Tomáši Kubínovi, Ph.D. za pomoc a poskytnutí rad vedoucích ke zlepšení mé práce. Dále bych chtěl poděkovat mému konzultantovi, panu Ing. Miroslavu Kundratovi ze společnosti Škoda Vagonka a.s., za vstřícnost, ochotu a poskytnuté informace, bez kterých by tato práce jen obtížně vznikala. V neposlední řadě bych také chtěl poděkovat rodině za podporu při studiu na vysoké škole.